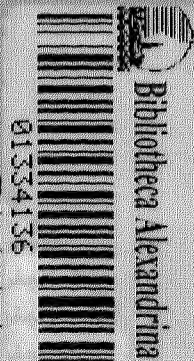


مساقط الخرائط

عميد بحرى
ثقولا ابراهيم

الناشر
بلا اسكندرية
مركزى رشده



مساقط الخرائط

عميد بمصر
نقولا ابراهيم

بكالوريوس مع مرتبة الشرف في الرياضيات

الناشر // منشأة
بجمال حزي وشركاه

تقديم

تثبت هذا المؤلف ليحل محل كتابي السابق في نفس الموضوع بعنوان
« مساقط الخرائط الجغرافية » . ولم أكن أتخيل أن نسخ الكتاب السابق ستقتضيه
بتلك السرعة خصوصا وأن المهتمين بهذا الموضوع والدارسين له مازالوا قليلون .

وفي هذا المؤلف أضفت مجموعة المساقط الخاصة بخرائط الحائط وخرائط
المساحة الى مساقط خرائط الاطلس حتى يصبح الكتاب شاملا لجميع أنواع
الخرائط .

وهذا الكتاب يشرح فكرة المساقط وطرق تشكيلها والقواعد الهندسية
لإنشائها وطرق تنفيذ الأنواع الرئيسية منها وهي مادة ضرورية لدارسي الجغرافيا
والخرائط والملاحه والمساحة كما بهم بالدرجة الأولى المشتغلين بعنايه
الخرائط .

والدراسة النظرية للمساقط المقدمة في هذا الكتاب تعتمد على بعض المراجع
باللغة الانجليزية ذكرت في نهاية الكتاب . ولكن التطبيقات العملية هي حصيلة
خبراتي الخاصة في مجال إنشاء الخرائط خلال ممارستي لأعمال المساحة
والكارتوجرافيا بالإدارة الهيدروجرافية للادميرالية البريطانية بالقوات البحرية
وبالمساحة المصرية وأيضا من خلال تدريس هذه المادة لسنوات عديدة .

والأسلوب العلمي الذي يتبعه معظم المساقط يعتمد على الرياضيات المبسطة
خصوصا مساقط خرائط الاطلس وخرائط الحائط . ولكن عند دراسة مساقط

الخرائط المساحية للأرض الشبه كروية فلا يوجد مفر من استخدام الرياضيات المتقدمة .

وتتميز الحسابات في أمثلة هذا الكتاب بسهولة إجرائها على الحاسب الالكتروني اليدوي المعتاد بدلا من استخدام اللوغاريتمات كما كان متبعاً من قبل. ولذلك وهدمت كثير من العلاقات التي تشكل المسافات في صورها الأصلية المبسطة دون تحويلها الى الصور اللوغاريتمية المطولة ، كما تتميز الحسابات بالدقة العالية المتوفرة حالياً في الحاسبات الالكترونية اليدوية - كذلك استخدمت اللوغاريتمات الأساس هـ بدلا من الأساس ١٠ لسهولة الحصول عليها .

ما زال هذا الكتاب الوحيد باللغة العربية ولذلك تم تزويده بقائمة المصطلحات المستخدمة وما يقابلها باللغة الإنجليزية . وبالكتاب ملحقين : الأول يشرح بعض طرق رسم القطع الناقص وهو الشكل الذي يظهر كثيراً في المسافات ، والثاني به بعض قوانين حساب المثلثات المستوية حتى تساعد على متابعة استخراج العلاقات الرياضية للمسافات .

أرجوا أن تكون مساهمتي بتقديم هذا الكتاب قد سدت الفراغ الشاغر في المكتبة الجغرافية والمساحية والكارتوجرافية وأن أكون قد أمددت كل المتصلين والمشتغلين بصناعة الخرائط بمرجع كانوا دائماً في حاجة إليه وأن أكون قد وفيت باحتياجات مدرسي ودارسي العلوم الكاروتوجرافية في الجامعات العربية .

المؤلف

الاسكندرية - مايو ١٩٨٢

محتويات الكتاب

محتويات الكتاب

صفحة

الباب الاول

١

تعريف

الباب الثاني

٢

أقسام المساقط

الباب الثالث

٩

أنظمة الاحداثيات

٩

الشكل الهندسى لسطح الارض

١١

الاحداثيات على سطح مستوى

١٣

الاحداثيات على سطح الارض

١٤

خطوط الطول

١٦

زاوية الطول

١٦

خطوط العرض

١٨

زاوية العرض

١٨

تعيين موقع مكان على سطح الارض

١٩

حساب المسافات والمساحات على سطح الارض

صفحة

الباب الرابع

المساقط المعدلة

٢٥

٢٥	المسقط الكروي
٢٧	مسقط مولفايدى
٢٥	مسقط سانشون فلامستيد (المسقط الجيى)
٤٠	مسقط كافرايسكى
٤٣	مسقط فاندري جريفتن
٤٨	المساقط المتقطعة

الباب الخامس

المساقط الاسطوانية

٤٩

٤٩	المسقط الاسطوانى البسيط
٥١	المسقط الاسطوانى متساوى المساحات
٥٤	المسقط الاسطوانى التشابى (مسقط مركبى دور)

الباب السادس

المساقط الانجمية

٦١

٦٥	المسقط المركزى
٦٦	المسقط المركزى القطبى
٦٩	الطريقة البيانىة لرسم المسقط المركزى القطبى
٧٠	المسقط المركزى الاستوائى

- ٧٨ الطريقة البيانية لرسم المسقط المركزي الاستوائى
- ٨٠ المسقط المركزي المنحرف
- ٨٢ الطريقة البيانية لرسم المسقط المركزي المنحرف
- ٨٤ المسقط الاستريوجرافى (المجسم)
- ٨٦ المسقط الاستريوجرافى القطبى
- ٨٩ الطريقة البيانية لرسم المسقط الاستريوجرافى القطبى
- ٩٠ المسقط الاستريوجرافى الاستوائى
- ٩٣ الطريقة البيانية لرسم المسقط الاستريوجرافى الاستوائى
- ٩٥ المسقط الاستريوجرافى المنحرف
- ١٠٥ الطريقة البيانية لرسم المسقط الاستريوجرافى المنحرف
- ١٠٧ المسقط الاورثوجرافى
- ١٠٩ المسقط الاورثوجرافى القطبى
- ١١١ الطريقة البيانية لرسم المسقط الاورثوجرافى القطبى
- ١١٢ المسقط الاورثوجرافى الاستوائى
- ١١٦ المسقط الاورثوجرافى المنحرف
- ١٢٠ المسقط الاتجاهى متساوى المسافات
- ١٢٤ المسقط الاتجاهى متساوى المسافات القطبى
- ١٢٦ المسقط الاتجاهى متساوى المسافات الاستوائى
- ١٣٠ المسقط الاتجاهى متساوى المسافات المنحرف
- ١٣٣ المسقط الاتجاهى باستخدام الابعاد والاتجاهات على سطح الارض

صفحة

الباب السابع

١٤٣	المساقط المخروطية
١٤٥	المسقط المخروطى البسيط
١٤٨	المسقط متعدد المخاريط
١٥١	المسقط المخروطى بعرضين رئيسيين
١٥٥	المساقط المخروطية متساوية المساحات
١٥٨	مسقط لامبرت المخروطى متساوى المساحات الاول
١٦٢	مسقط لامبرت المخروطى متساوى المساحات الثانى
١٦٦	مسقط بون
١٧١	المسقط المخروطى متساوى المساحات بعرضين رئيسيين
١٧٥	المسقط المخروطى التشابهى
١٨٠	المسقط المخروطى التشابهى بعرضين رئيسيين
١٨٥	النشاء المساقط المخروطية باستخدام الاحداثيات المتعامدة

الباب الثامن

٢١١	مساقط الخرائط الملاحية
٢١٣	زاوية العرض الجغرافى
٢١٤	زاوية العرض المركزى
٢١٦	المسافة على خط الطول
٢٢١	المسافة على دائرة عرض

٢٢٥ مسقط. مركيتور للارض الشبه كروية
٢٣١ المسقط. الاستيوجراف للارض الشبه كروية
٢٤٠ المسقط المخروطى التشايبى للارض الشبه كروية
٢٤٨ مسقط. مركيتور المستعرض للارض الشبه كروية
٢٥٥ تطبيق مسقط مركيتور المستعرض فى المساحة المصرية
٢٥٨ حساب الاحداثيات فى المساحة المصرية

الباب التاسع

٢٦٢	تاريخ مساقط الخرائط.
٢٦٣ مساقط بطليموس
٢٦٦ مساقط عصر النهضة
٢٦٧ مسقط مركيتور
٢٦٩ مساقط القرن الثامن عشر

الباب العاشر

٢٧١	اختيار المسقط
٢٧١ علاقة المسقط بالموقع
٢٧٣ علاقة المسقط بالعرض المطلوب منه عمل الخريطة.
٢٧٧ علاقة المسقط باتساع وشكل المنطقة المطلوب رسمها
٢٧٩ اختيار المسقط مع مراعاة شكل هيكله الجغرافى

ايناب الحادى عشر

٢٨١	طريقة رسم قطع ناقص
٢٨٥	بعض قوانين حماب المثلثات المستوية
٢٨٨	قائمة المصطلحات
٢٩١	المراجع

الباب الأول

تعريف

الأرض كروية الشكل . ولكنى يوجد لدينا نموذجاً للأرض تتدارس عليه معالمها وخواصها ، يحسن أن يكون هذا النموذج كروى الشكل أيضا .

ولكن عند استخدام سطح كروى كنموذج للأرض ، تتعرض لبعض المشاكل والمقاييس . فالنموذج الكروى المناسب الحجم الذى يبين بعض تفاصيل حدود القارات والمحيطات يجب ألا يقل حجمه عن حجم غرفة مثلا . وبالتالي لبيان تفاصيل أكثر — كتلك الموجودة داخل القارات أو في قاع المحيطات — يجب أن يتزايد حجم النموذج الكروى ويصبح غير عمليا .

والنموذج الذى يمثل سطح الأرض يستخدم عادة لتخطيط بعض العمليات — كترسيم خطوط ملاحية للطائرات مثلا ، — أو التعرف على مساحة منطقة من العالم — أو لقياس المسافات بين العواصم المختلفة — الى آخر ذلك من الاستخدامات المعروفة . والنموذج الكروى لا يساعد على اتمام هذه العمليات لاذ أن أجهزة وأدوات الرسم والقياس كالمسطرة والبرجل والمنقلة لا تستخدم إلا على السطوح المستوية .

من هنا ظهرت الحاجة الى رسم الخرائط على السطوح المستوية . فعلى سطح مستوى يمكن رسم العالم كله أو أجزاء منه بالقياس المطلوب وبالأبعاد المطلوبة .

من التمثيل تطبيق سطح مسطح على سطح الخريطة على كروي مثل سطح الأرض ، ولذلك أصبح المعالم المرسومة على سطح الخريطة غير مطابقة تماما للمعالم المرسومة على سطح الكرة الأرضية . ويقصد بعدم التطابق أن العناصر الهندسية لمعالم سطح الأرض لابد وأن يصحبها بعض التغيير عند تمثيلها على سطح الخريطة .

والعناصر الهندسية لآى شكل هى :

١ - المسافات

٢ - الاتجاهات

٣ - المساحات

ولقد تبين أنه على سطح الخريطة يمكن الاحتفاظ ببعض العناصر الهندسية مطابقة لنظيراتها على سطح الأرض ، ولكن لا يمكن الاحتفاظ بجميع العناصر الهندسية بالصورة المطابقة .

هذه العملية تشبه الى حد كبير العلاقة بين شكل مجسم وصورته الفوتوغرافية فالصورة لن تمثل المجسم كما يمثله تمثال ، كما وأنه على الصورة الفوتوغرافية لا يمكن بيان جميع العناصر الهندسية للمجسم مطابقة تماما للأصل .

تسمى عملية نقل شكل المعالم من سطح الأرض الكروي الى سطح الخريطة المستوى بعملية الإسقاط — وهو تعبير هندسى — .

ويسمى للشكل الناتج على الخريطة بالمقط .

الباب الثاني

أقسام المساقط

كلمة أسقاط المستخدمة في هذا العلم لها معنى شامل ويقصد بها التمثيل على السطح المستوي للخريطة سواء أكان هذا التمثيل بطريقة الاسقاط المنظور أو الاسقاط الهندسي أو بغيرهما .

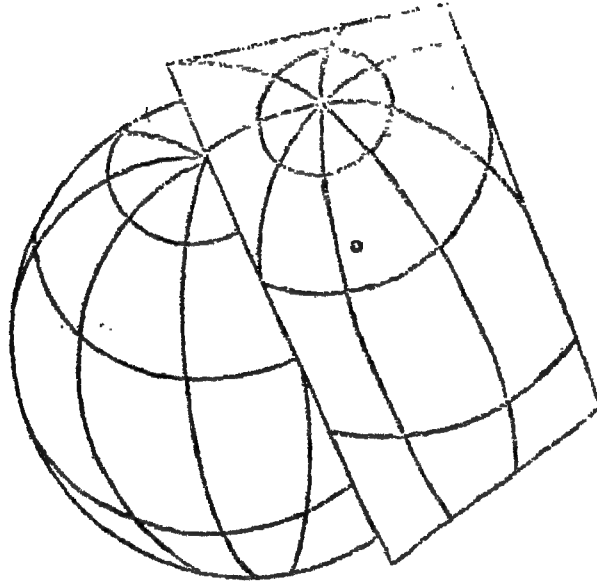
لنأخذ مثالا : دعنا نتصور وجود مصدر ضوئي مشع عند مركز الكرة الأرضية ونتصور أيضا وجود لوحة مستوية عند القطب الشمالي . يلقى مصدر الضوء ظلالة لخطوط الطول والعرض على اللوحة المستوية ، كما يلقى أيضا ظلالة لحدود القارات مع المحيطات .

ستظهر خطوط الطول على اللوحة المستوية خطوطا مستقيمة متقابلة عند نقطة القطب ، وستظهر دوائر العرض على هيئة دوائر مركزها القطب . ولو أن دوائر العرض متساوية البعد على سطح الأرض إلا أن ظلالتها الناتجة على اللوحة المستوية ستبتاعد كلما ابتعدنا عن نقطة القطب .

يمكن تغيير موضع مصدر الضوء ويمكن أيضا تغيير موضع اللوحة المستوية ومع كل تغيير نحصل على شكل جديد من الظلال . فمصدر الضوء يمكن نقله إلى القطب الآخر للأرض كما يمكن وضعه خارج الكرة الأرضية على امتداد خط القطبين وفي مواضع مختلفة . ومع كل موضع جديد لمصدر الضوء نحصل على شكل جديد من الظلال .

تسمى الاشكال الهندسية الناتجة بتلك الطرق بالمساقط المنظورة لأنها تأخذ شكل

المنظور من العين كما تسمى مصافط اتجاهية لأن الاتجاهات على سطح اللوحة المحورية عند موضع تماس اللوحة مع سطح الأرض ، تكون مطابقة للاتجاهات على سطح الأرض .



شكل (١)

مسطط منظور

يمكن تغيير موضع اللوحة المستوية على سطح الأرض . فعندما تكون اللوحة عند القطب يسمى المسقط الناتج قطبي ، وعندما تكون اللوحة ملاصقة لخط الاستواء يسمى المسقط الناتج استوائى ، وعندما تلمس اللوحة سطح الأرض عند موضع بين القطب والاستواء يسمى المسقط الناتج منحرف .

في المثال السابق يتضح معنى الإسقاط . ولكن المساقط المنظورة لا تفي بالأغراض المختلفة المتعددة المطلوب من أجلها عمل الخرائط ؛ لذلك تعدل

المساقط بطرق هندسية لتأخذ أشكالاً جديدة نبي بالأعراض المطلوبة . وهذه التعديلات تحقق خصائص جديدة مثل الاحتفاظ بالمساحات الصحيحة ، بمعنى أن مساحة منطقة على الخريطة تساوى مساحة المنطقة المأطرة على سطح الأرض كما تحقق تلك التعديلات أحيانا الاحتفاظ بالمسافات الصحيحة .

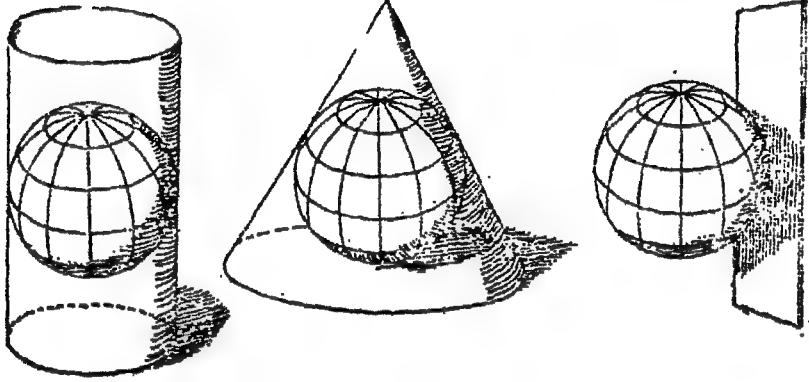
في المساقط الاتجاهية كان مستوى الخريطة عماساً لمستوى سطح الأرض عند نقطة . ولذلك تسقط المنطقة الصغيرة من سطح الأرض حول تلك النقطة إلى سطح الخريطة ممثلة تمثيلاً جيداً . وكلما ابتعدنا عن نقطة التماس تأخذ الأخطاء سبيلها للظهور تدريجياً ويختلف الشكل على الخريطة عن الشكل الأصلي على الأرض ويوصف الشكل بالشويه .

ولزيادة الرقعة الممثلة على الخريطة تمثيلاً جيداً يمكن لف الخريطة حول سطح الأرض لتأخذ شكل اسطوانة وعندئذ تظهر المنطقة المحيطة بدائرة التماس في أحسن شكل ثم يبدأ التشويه تدريجياً ويتزايد بالابتعاد عن دائرة التماس . وبالطبع لا تستخدم الخريطة وهي في الشكل الاسطوانى بل يمداد تسطيحها ثانية . ويسمى المسقط الناتج بذلك الطريقة مسقط اسطوانى .

يتم الحصول على المساقط المخروطية بطريقة مماثلة للمساقط الاسطوانية ولكن في تلك الحالات تلف الخريطة متخذة شكل مخروط وعندئذ تكون دائرة التماس بين الخريطة والأرض دائرة ضغرى .

هناك إلى جانب هذه الأنواع من المساقط ، مساقط أخرى يتم تصميمها لتحقيق خصائص معينة ومعظم تلك المساقط على غاية من الأهمية . وأسمى المساقط بتلك الطريقة مساقط معدلة وهي تختلف في طريقة انشائها عن المساقط الاتجاهية

والاصطوانية والمخروطية . ويتم بوضع قواعد هندسية تتحكم في الشكل الناتج وأحيانا تأخذ المساقط الممدلة اشكالا غير الاشكال المألوفة في المساقط المعتادة .



مسطط اسطوانى

مسطط مخروطى

مسطط اتجاهى

شكل (٢)

لا يوجد تقسيم واضح وقاطع لمجموعات المساقط ولكن يمكن تقسيمها من نواحي مختلفة .

اولا : تبعا للمنطقة التي يمكن بيانها على المسقط :

- ١ - مساقط خاصة برسم العالم
- ٢ - مساقط خاصة برسم نصف الكرة الارضية
- مساقط خاصة برسم قارة أو محيط أو اقليم

ثانيا : تبعا لشكل لوحة الاسقاط

- مساقط مخروطية
- ٢ - مساقط اسطوانية

٣ - مساقط مستوية (اتجاهية)

ثالثا : تبعا لمطابقة تماس لوحة الاسقاط مع سطح الارض

١ - مساقط قطبية

٢ - مساقط اسطوانية

٣ - مساقط منحرفة

رابعا : تبعا لطريقة الاسقاط

١ - مساقط منظورة

٢ - مساقط معدلة

٣ - مساقط تجمع بين المنظور والمعدل

خامسا : تبعا للخصائص الهندسية للشكل الناتج

١ - مساقط اتجاهية

٢ - مساقط تشابعية

٣ - مساقط متساوية المسافات

٤ - مساقط متساوية المساحات

وعادة يخضع المسقط لصفتين من الصفات المبينة في الاقسام الحقة السابقة
ويكون اسم المسقط من مقطعين . فيقال المسقط المخروطي المتساوي المساحات
ويقال المسقط الاتجاهي متساوي المسافات

وكثير من المساقط لا يزال يحتفظ باسم صانعه الاول مثل مسقط مركيتور
ومسقط مولفايدي .

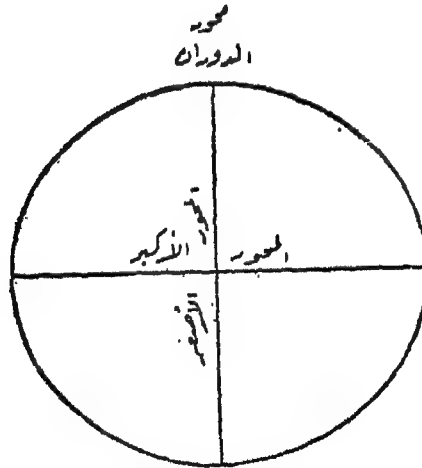
الباب الثالث

انظمة الاحداثيات

الشكل الهندسى لسطح الارض

لأن قصد بـ سطح الارض ذلك السطح الذى يمر بالجبال وقاع البحر والمحيطات
ولكن يقصد به سطح تخيلى يمر قريباً جداً من سطح المياه التى تغطى البحار
والمحيطات ويقطع القارات أسفل مستوى اليابس ليلاقى سطح مياه المحيطات
مرة أخرى .

هذا السطح قريب الى شبه بـ سطح كرة وأقرب شكل هندسى يمثل سطح الارض
هو السطح الناتج من دوران قطع ناقص حول محوره الأصغر .



شكل ٣

في كثير من العلوم يعتبر سطح الأرض — للمهولة — نمائلا لسطح كرة ولكن في علوم المساحة الجيوديسية والملاحة يلزم الأخذ بالشكل الحقيقي للأرض. وهناك قيم مختلفة لطول نصف المحور الأكبر والمحور الأصغر الذي يمثل قطاع في سطح الأرض يمر بالعطبين. ولقد توصل علماء الجيوديسيا والجاذبية الأرضية لتلك القيم بعد إجراء قياسات كثيرة وحسابات معقدة وبعضها مبين في الجدول الآتي :

شكل الأرض	طول نصف المحور الأكبر	طول نصف المحور الأصغر
أفرست ١٨٣٠	٣٠٤ ٣٧٧ متر	١٠٦ ٣٥٦ متر
بسل ١٨٤١	٢٩٧ ٣٧٧	٧٠٩ ٣٥٦
كلارك ١٨٦٦	٢٠٦ ٣٧٨	٥٨٤ ٣٥٦
كلارك ١٨٨٠	٢٤٩ ٣٧٨	٥١٥ ٣٥٦
هلمرت ١٩٠٦	٢٠٠ ٣٧٨	٨١٨ ٣٥٦

وتم الاتفاق بين العلماء عام ١٩١٠ على القيم التي قام بحسابها هايفورد وأصبحت تستخدم منذ ذلك الوقت باعتبارها أقرب القيم إلى الشكل الحقيقي وقيم هايفورد تعطى :

طول نصف المحور الأكبر	٢٨٨ ٣٧٨ متر
طول نصف المحور الأصغر	٩١٢ ٣٥٦

في علم المسافات الجغرافية أى المسافات المستخدمة لرسم الخرائط الجغرافية والتي لا يزيد المقياس فيها عن ١ : مليون يعتبر سطح الأرض نمائلا لسطح كرة

نصف قطرها ٦٣٧٠ كيلو متر وتم اختيار هذه القيمة التي تتوسط نصفى المحورين الأكبر والأصغر مع تقريبها الى رقم دائرى عشرين .

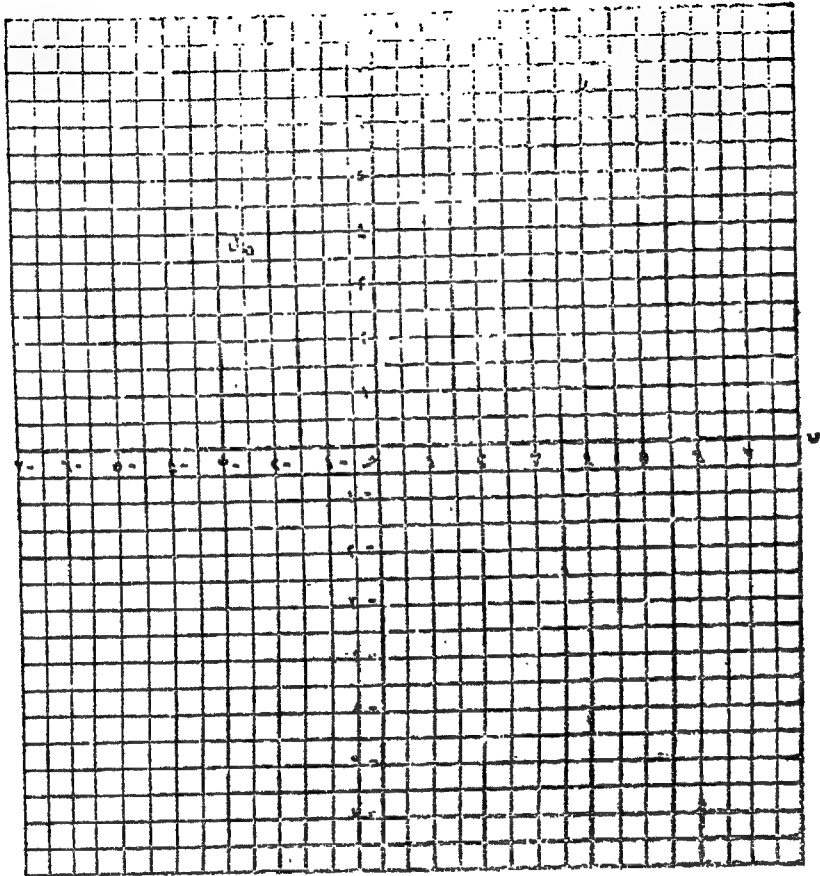
وباستخدام تلك القيمة لن يكون هناك خطأ ملموس فى أبعاد أى خريطة فإذا كان هناك خطأ مقداره واحد كيلو متر بين نصف القطر الكروى المستخدم والقيمة الحقيقية للأرض فلن يظهر هذا الخلل على الخريطة بأكثر من $\frac{1}{3}$ المليمتر إذا كانت الخريطة بمقياس ١ : مليون :

عند إنشاء ورسم المساقط الجغرافية ننخذ القيم المبينة فى الجدول الآتى أساساً للعمل .

المقياس	نصف قطر الأرض
١ : ٢٠٠ مليون	٣١٨٥ مم
١ : ١٠٠ " "	٦٣٧٠
١ : ٥٠ " "	١٢٧٤٠
١ : ٢٠ " "	٣١٨٥٠
١ : ١٠ " "	٦٣٧٠٠
١ : ٥ " "	١٢٧٤٠٠

الاحداثيات على سطح مستوى

لتعريف موقع مكان على سطح مستوى ، اتفق على وجود خطين مستقيمين أساسيين يدرعان هذا المستوى فى اتجاهيه الرئيسيين .



شكل ٤

الاحداثيات على سطح مستوى

المخططان الأساسيان الأفقي والرأسي في شكل ٤ والمقسمان الى سنتيمترات ولجزء السنتيمتر يمكننا من التعرف على أى مكان على هذا السطح .

لتعريف موقع النقطة ل مثلا : يقاس بعدها عن نقطة الاصل (م) في الاتجاه الأفقى (- ٢٤) . كما يقاس بعدها عن نقطة الاصل في الاتجاه الرأسى (٣٧) .

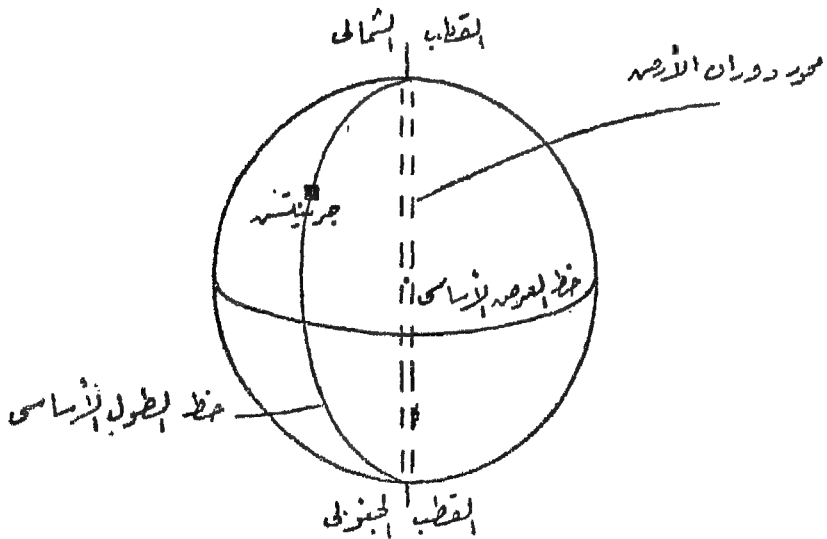
إذا ذكرنا البعدين الأفقى والرأسي (- ٢٤ ، ٣٧) ، فإننا نحدد موقع

النقطة ل . وإن توجد نقطة أخرى سوى النقطة ل على ال . طح لها نفس البعد الأفقى - ٢٤ سم ونفس البعد الرأسى ٦٢ سم . ويسمى البعدان الأفقى والرأسى بالاحداثيان الأفقى والرأسى .

سهولة قياس الأبعاد الأفقية والأبـعاد الرأسية ولسهولة تحديد المواقع ترسم مجموعة من الخطوط الرأسية المتوازية تعطى المسافات بينها الاحداثيات الأفقية . كما ترسم مجموعة أخرى من الخطوط الأفقية المتوازية تعطى المسافات بينها الاحداثيات الرأسية .

الاحداثيات على سطح الأرض

المحاور الأساسية



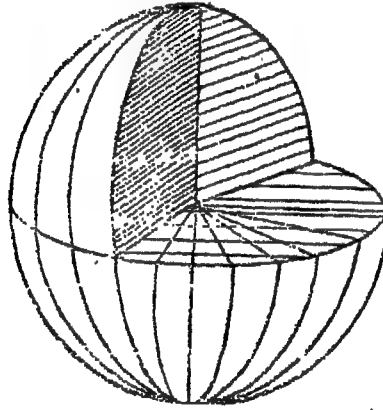
شكل ٥

لتعريف مواقع الأماكن على سطح الأرض تم اتخاذ الخط الأساسى الأفقى

تلك الدائرة العظمى المرسومة على سطح الأرض والتي تقع عند منتصف المسافة بين القطبين الشمالي والجنوبي وسميت بدائرة الاستواء .

كما اتخذ الخط الأساسي الرأسى ، نصف الدائرة المرسومة على سطح الأرض التي تصل القطب الشمالى بالقطب الجنوبى وتمر ببلدة جرينتش بالإنجلترا .

خطوط الطول



شكل ٦

قسمت دائرة الاستواء إلى ٣٦٠ قسماً متساوياً ، ورسم على سطح الأرض ٣٦٠ نصف دائرة ، تصل كل منها القطب الشمالى بالقطب الجنوبى وتمر بإحدى نقط التقسيم على دائرة الاستواء .

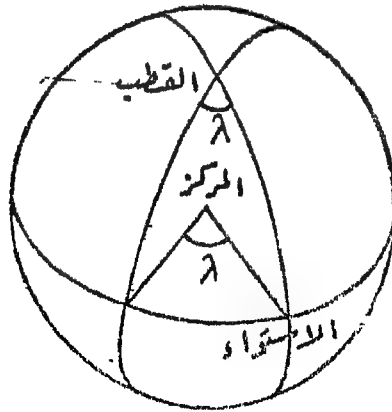
تسمى كل نصف دائرة خط طول .

ويوضح أن الزاوية عند مركز الأرض بين نقطتي تقسيم متجاورتين تساوى (١°) درجة واحدة لأن ٣٦٠ درجة تقابل ٣٦٠ قسماً . وأطلق على نصف مجموع

خطوط الطول الواقعة لليمين من خط طول جرينتش اسم خطوط الطول الشرقية — وأطلق على النصف الآخر اسم خطوط الطول الغربية .

وتم ترقيم خط طول جرينتش بالرقم (صفر) وخط الطول الشرق المجاور (١° شرق) ، ثم (٢° شرق) ، ثم إلى (١٨٠° شرق) . وبالعكس الطريقة رقت خطوط الطول الغربية من (١° غرب) إلى (١٨٠° غرب) ، وبذلك ينطبق خط الطول ١٨٠° شرق على خط الطول ١٨٠° غرب ويكون هو نصف الدائرة التي تكمل خط طول جرينتش من الناحية المقابلة على سطح الأرض .

وخطوط الطول على سطح الأرض تماثل الخطوط الرأسية المتوازية في حالة السطح المستوي والتي تعطى قياسا للبعد الأفقي . وفي حالة الكرة الأرضية يكون البعد الأفقي هو الزاوية عند مركز الكرة الأرضية ابتداء من خط طول جرينتش وتسمى زاوية الطول .



شكل ٧

ويلاحظ أيضاً في شكل ٢ أن خطوط الطول تقابل عند القطبين وتكون الزوايا بينها عندئذ مساوية للزوايا المناظرة عند مركز الأرض .

زاوية الطول

هي الزاوية الواقعة في مستوى دائرة الاستواء ورأسها عند مركز الدائرة ومضامها الأساسية يمر في خط طول جرينتش والضلع الآخر يمر في خط من خطوط الطول . وهي أيضاً الزاوية عند أحد القطبين بين خط طول جرينتش وخط طول آخر .

ولما كانت الزوايا لاقاس بالدرجات فقط ولكن أيضاً بكمور الدرجات ، لذلك يتضح من التعريف السابق أن عدد خطوط الطول على سطح الأرض ليس ٣٦٠ بل أن خطوط الطول وهي خطوط وهمية يمكن رسمها في أى مكان على سطح الأرض وتحدد قيمة خط الطول بالزاوية المذكورة في التعريف تبعاً لمستوى الدقة .

مثال (١) زاوية الطول $35^{\circ} 6' 19''$ 47° 118° شرق بالتقدير الستيني

(٢) د د د $35^{\circ} 6' 22'' 187$ جرادة غرب

خطوط العرض

تم تقسيم خط الطول الأساسي ويسمى خط طول جرينتش إلى ١٨٠ قسماً متساوياً ورسم على سطح الأرض دوائر صغيرة توازي دائرة الاستواء تمر كل دائرة منها بأحدى نقط تقسيم خط جرينتش .

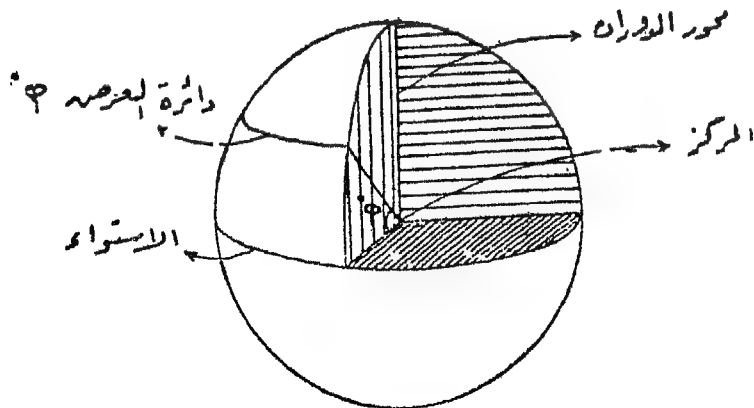
ويتضح أن الزاوية عند مركز الكرة الأرضية بين نقطتين متجاورتين من

نقط التقسيم تساوى (١°) درجة واحدة لأن ١٨٠ درجة تقابل ١٨٠ قسماً .
وأطلق على نصف مجموعة دوائر العرض الواقعة للشمال من دائرة الاستواء
اسم دوائر العرض الشمالية - وأطلق على النصف الآخر اسم دوائر العرض
الجنوبية .

وتم ترقيم دائرة عرض الاستواء بالرقم (صفر) ودائرة العرض الشمال
المجاورة بالرقم (١° شمال) ثم (٢° شمال) ثم ... إلى (٩٠° شمال) وهى
نقطة القطب الشمالى .

وبنفس الطريقة رُقم دوائر العرض الجنوبية من (١° جنوب) ... إلى
(٩٠° جنوب) وهى نقطة القطب الجنوبي .

ودوائر العرض على سطح الأرض تماثل الخطوط الأفقية المتوازية فى حالة
السطح المستوى والتي تعطى قياساً للبعد الرأسى . وفى حالة الكرة الأرضية
يكون البعد الرأسى هو الزاوية عند مركز الأرض ابتداء من الاستواء وتسمى
زاوية العرض .



شكل ٨

زاوية العرض

هي الزاوية الواقعة في مستوى دائرة من دوائر الطول ورأسها عند مركز الدائرة وضلعها الأساسي يمر في مستوى الاستواء والضلع الآخر يمر في دائرة من دوائر العرض .

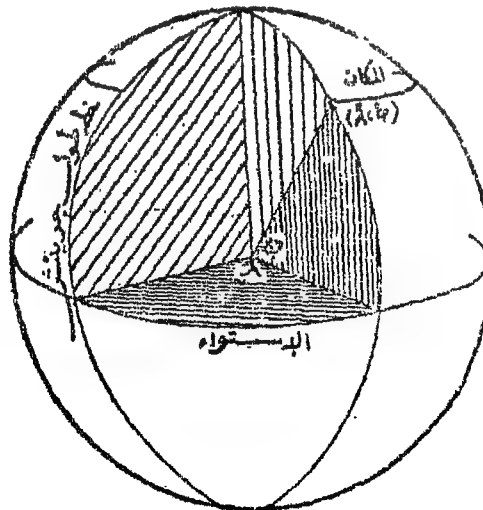
ويتضح من هذا التعريف أن عدد دوائر العرض على سطح الأرض ليس ١٨٠ ، بل يمكن رسم دائرة عرض في أي مكان على سطح الأرض وتحدد قيمتها بالزاوية المذكورة في التعريف .

مثال (١) زاوية العرض $39^{\circ} 18' 52''$ شمال 74°

مثال (٢) $68^{\circ} 34' 09''$ جرداة جنوب

تعيين موقع مكان على سطح الأرض

للتعرف على موقع مكان على سطح الأرض عرضه ϕ من الدرجات شمال الاستواء وطوله λ من الدرجات شرق جرينتش يدع الآتي :



شكل ٩

١ - ترسم زاوية في مستوى الاستواء مركزها عند مركز دائرة الاستواء وضامها الاساسى يمر في خط طول جرينتش ، ومقدارها λ من الدرجات . وعند تقابل الضلع الآخر للزاوية مع سطح الارض يرسم خط الطول يمر بالقطين.

٢ - في مستوى خط الطول ترسم زاوية رأسها عند مركز الارض وضامها الاساسى في مستوى الاستواء ومقدارها ϕ من الدرجات . يتقابل الضلع الآخر للزاوية مع سطح الارض عند المرقع المطلوب .

وبتعبير آخر يتحدد الموقع عند نقطة تقاطع خط الطول λ درجة شرق جرينتش مع دائرة العرض ϕ درجة شمال الاستواء .

حساب المسافات والمساحات على سطح الارض

تسمى شبكة خطوط الطول والعرض المرسومة على الخريطة باسم الهيكل الجغرافى . ولذلك يلزم التعرف على أطوال خطوط الطول والعرض المرسومة أصلا على سطح الارض وكذلك التعرف على المساحات المحصورة بينها .

أولا : أطوال الأقواس

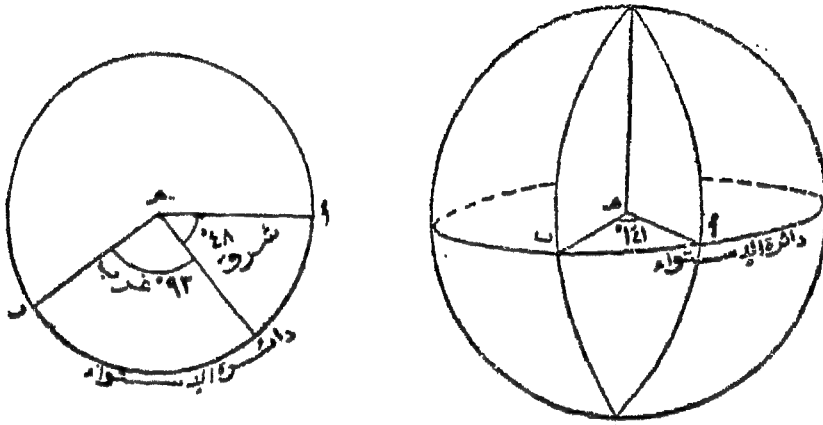
طول قوس من دائرة يقابل زاوية مقدارها θ°

$$\text{عند مركز الدائرة حيث نصف قطرها } R = \frac{R}{180} \times \theta^\circ \times \pi$$

مثال (١)

لايجاد طول قوس على دائرة الاستواء يقع بين نقطتين تقاطع الاستواء مع

خطى الطول ٤٨° شرق (ا) ، ٩٣° غرب (ب)



شکل ١١

شکل ١٠

الزاوية عند مركز الأرض بين النقطتين $١٤١^\circ = ٩٣ + ٤٨ = م$

نصف قطر دائرة الاستواء = ٦٣٧٠ كيلومتر

طول القوس $ب = ١٤١ \times \frac{\pi}{180} \times ٦٣٧٠ = ١٥٦٧٦$ كيلومتر تقريبا

مثال (٢)

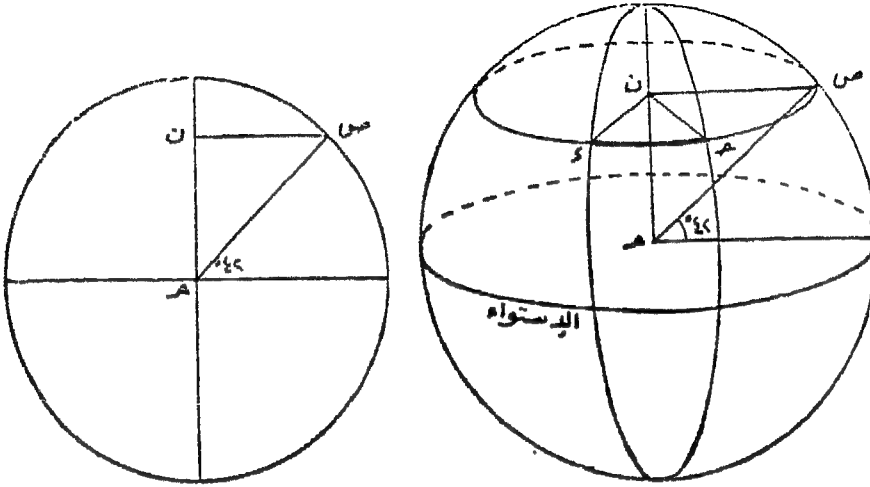
لايجاد طول قوس على دائرة العرض ٤٢° شمال بين نقطتي تقاطعها

مع خطى الطول ٢٧° شرق (ح) ، ٩٨° غرب (د)

زاوية $ن = ٩٨ + ٢٧ = ١٢٥^\circ$

نصف قطر دائرة العرض ٤٢° (صن) = صن \times جتا ٤٢°

= صن \times جتا ٤٢°



شکل ١٣

شکل ١٢

$$\text{طول القوس ج د} = ١٢٥^\circ \times \frac{\text{ط}}{١٨٠} \times \text{ص ن}$$

$$= ١٢٥ \times \frac{\text{ط}}{١٨٠} \times \text{ج ن} \times ٤٢^\circ$$

$$= ١٠٣٢٧٧٦ \text{ كيلومتر}$$

مثال (٣)

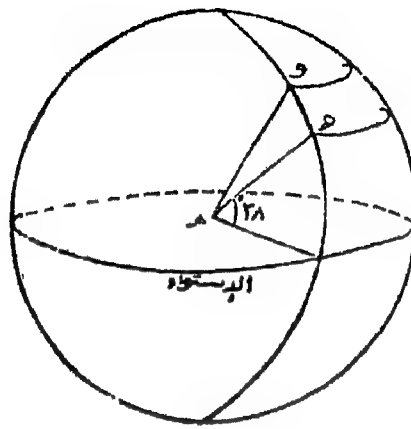
لايجاد طول قوس على أى خط طول (وجميع خطوط الطول متساوية)

بين نقطتي تقاطعه مع دائرتي العرض ٣٨° شمال (هـ) ، ٥٣° شمال (و)

$$\text{زاوية هـ و} = ٣٨ - ٥٣ = ١٥^\circ$$

$$\text{نصف قطر دائرة الطول} = \text{ط} = ٦٣٧٠ \text{ كيلومتر}$$

٢٢ —



شكل ١٤

$$\text{طول القوس هو } 10 \times \frac{\text{نظ}}{180} \times 10 = 1667.77 \text{ كيلومتر}$$

ثانياً : مساحة منطقة

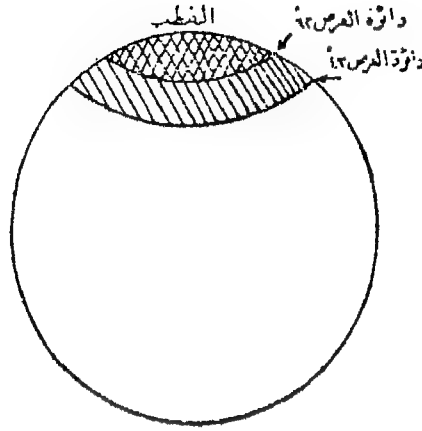
$$\text{مساحة منطقة محصورة بين دائرتي العرض } \phi_1, \phi_2 \\ = 2 \pi R^2 (\sin \phi_1 - \sin \phi_2)$$

مثال (١)

لايجاد مساحة المنطقة المحصورة بين دائرتي العرض 3° شمال ، 62° شمال .

$$\text{المساحة} = 2 \pi R^2 (\sin 62^\circ - \sin 3^\circ)$$

٥١٢٢٣ مليون كيلومتر مربع



شكل ١٥

سؤال (٢)

لايجاد مساحة المنطقة المحصورة بين دائرتي العرض ١٧° جنوب ،
٢° شمال .

$$\text{المساحة} = ٢ \text{ ط } ١٧^\circ - (٢٤^\circ - \text{جا})$$

$$= ٢ \text{ ط } ١٧^\circ + (٢٤^\circ - \text{جا})$$

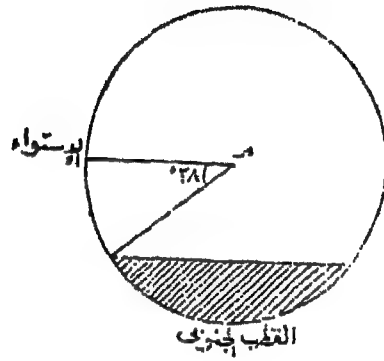
$$= ٢٠٦٢٢ \text{ مليون كيلو متر مربع}$$

سؤال (٣)

لايجاد مساحة المنطقة القطبية (طاقة كروية) التي يحدها دائرة
٣٨° جنوب الاستواء

$$\text{المساحة} = ٢ \text{ ط } ٩٠^\circ - (٣٨^\circ - \text{جا})$$

— ٢٤ —



شكل ١٦

$$= ٢ ط ٣ (١ - جا ٣٨)$$

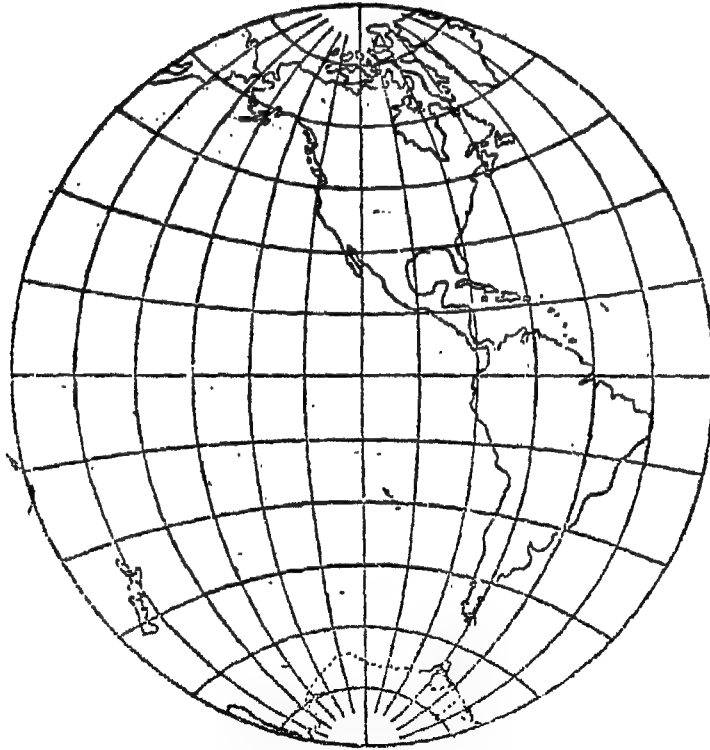
$$= ٩٨ \text{ مليون كيلومتر مربع تقريبا}$$

الباب الرابع

المساقط المعدلة

المسقط الكروي

يستخدم هذا المسقط لبيان نصف العالم، أو لبيان العالم كله في مسطرين متجاورين. ولا يتميز هذا المسقط بأى من الخصائص الهندسية المميزة مثل تساوى المساحات أو تساوى المسافات ولكنه يتميز بسهولة الرسم كما وأنه يعطى شكلا جيدا للأرض.



شكل ١٧ نصف الكرة الغربى على مسقط كروى

طريقة الرسم

- ١ - يرسم دائرة تمثل نصف الكرة المطلوب
- ٢ - يرسم القطر الرأسى لتمثل خط الطول الأوسط وتمثل نهايته القطبين كما يرسم القطر الأفقى لتمثل نصف الإستواء الأرضى - أى ١٨٠° درجة طولية.
- ٣ - يقسم القطر الرأسى الى عدد من الأقسام المتساوية ؛ وتمثل كل نقطة منها تقاطع خط من الخطوط العرض مع خط الطول الأوسط .
- كذلك يقسم الإستواء الى نفس العدد من الأقسام المتساوية ، وتمثل كل نقطة تقسيم منها تقاطع خط من خطوط الطول مع الإستواء . (كل نقطة فى شكل ١٧ تمثل ١٥°)
- ٤ - يقسم كلا من النصف الشرقى والنصف الغربى من محيط الدائرة المحددة للمسقط الى نفس العدد من الأقسام المتساوية ، وتمثل كل نقطة تقسيم نهاية خط من خطوط العرض .
- ٥ - ترسم خطوط الطول على شكل أقواس دوائر يمر كل منها بالقطبين وبإحدى نقط التقسيم على خط الإستواء .
- ٦ - ترسم دوائر العرض على شكل أقواس دوائر يمر كل منها بزوج من النقط المتناظرة على محيط الدائرة المحددة كما يمر بنقطة التقسيم المقابلة على خط الطول الأوسط .

حجم الدائرة المحددة للمسقط الكروى .

توجد ثلاثة طرق لتحديد حجم الدائرة المحددة للمسقط .

١ - في الطريقة الأولى يكون نصف قطر الدائرة المحددة للمسقط مساوياً لنصف قطر الأرض ٦٣٧٠ كيلو متر .

٢ - في الطريقة الثانية تكون المسافة بين القطبين على المسقط مساوية للمسافة بين القطبين على سطح الأرض .

نصف قطر الدائرة المحددة للمسقط = $\frac{1}{2}$ ط نق = ١٠٠٠٠٠ كيلومتر

٣ - في الطريقة الثالثة تكون مساحة الدائرة المحددة للمسقط مساوية لمساحة نصف الكرة الأرضية .

فإذا كان نصف قطر الدائرة المحددة للمسقط نق م

$$\text{ط نق}^2 \text{ م} = 2 \text{ ط نق}^2$$

$$\text{ط م} = \sqrt{2} \text{ ط نق} = \sqrt{2} \times 6370$$

$$= 9000 \text{ كيلومتر تقريبا}$$

٢ - مسقط مولفايدى

يستخدم هذا المسقط في خرائط التوزيعات للعالم كله أو لأجزاء من العالم يتوسطها خط الاستواء مثل المحيط الهادى أو المحيط الأطلسمى أو قارة أفريقيا .

ويتميز بـ: اوى المساحات كما وأن شكله العام لطيف



شكل ١٨

العالم على مسقط مولفايدى

الخصائص الهندسية للهيكل الجغرافى

١ - المسقط متساوى المساحات

٢ - خطوط العرض مستقيمة ومتوازية

٣ - خطوط الطول على شكل قطاعات ناقصة ماعدا خط الطول الأوسط فهو مستقيم عمودى على الاستواء وكذلك خطى الطول اللذين يعتمدان ٩٠° عن خط الطول الأوسط فهما يشكلان الحالة الخاصة للقطع الناقص الذى يتخذ فيها شكل دائرة .

٤ - طول خط الاستواء على المسقط يساوى ضعف طول خط الطول الأوسط .

طريقة الإنشاء

١ - يرسم القطع الناقص المحدد للمسقط والذى فيه طول المحور الأكبر

- ٢٩ -

(٢) : اوى ضعف طول المحور الأصغر (٢ ب) ، وبخيث تكون مساحة القطع كله مساوية لمساحة سطح الأرض كلها .

فإذا كانت مساحة القطع المحدد $ط \times ١ \times ب = ط \times ٢ \times ب$

وكانت مساحة سطح الأرض $ط ب = ط ب$

$$٢ ط ب = ط ب$$

$$ب = ٢ ب$$

نصف طول المحور الأصغر للقطع (ب) $٢ ب = ٩٠٠٨٥٠$ كيلومتر

نصف طول المحور الأكبر (١) $١٨٠١٧٠٠ =$

٢ - يقسم المحور الأكبر للقطع والذي يمثل الاستواء الأرضي (٣٦٠ طوليه) إلى عدد من الأقسام المتساوية (١٨) قسما في شكل ١٨ وتمثل كل نقطة تقسيم (٣٠ طوليه)

٣ - ترسم خطوط الطول على شكل قطاعات ناقصة يمر كل منها بالقطبين وبأحدى نقط التقسيم على الاستواء .

(تكون المساحات المحصورة بين خطوط الطول على المستط مساوية للمساحات المناظرة على سطح الأرض)

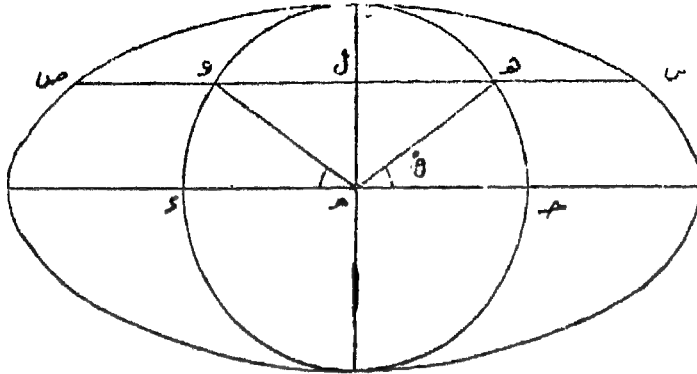
٤ - ترسم خطوط العرض مستقيمة موازية للاستواء وعلى أبعاد منه تحقيق خاصية تساوى المساحات

وللتعرف على تلك الأبعاد :

(١) نفرض أن الخط س ص المرسوم موازيا للاستواء في شكل ١٩ يمثل خط

العرض ϕ شمال الاستواء .

- ٢٠ -



شكل ١٩

(ب) اذا رسمنا الدائرة التي تشترك مع القطع الناقص المحدد في المركز (م) ونصف قطرها يساوي طول نصف المحور الأصغر للقطع $\sqrt{2} \times \text{م ه}$ فإن هذه الدائرة تمثل خطي الطول 90° شرق ، 90° غرب الطول الأوسط .

(ح) نفرض أن دائرة الطول 90° تقطع الاستواء في النقطتين ح ، و كما تقطع خط العرض ϕ الموازي للاستواء في ه ، و

ونفرض أن ه م يصنع زاوية مقدارها θ مع خط الاستواء .

المساحة على الرسم بين خط العرض ϕ والاستواء = ضعف مساحة الشكل

ه و ه

$$2 \text{ ط ه }^2 \text{ جا } \phi = 2 \text{ امثال الشكل ح م ل ه}$$

$$2 \text{ ط ه }^2 \text{ جا } \phi = 2 (\text{مساحة القطاع ح م ه} + \text{مساحة المثلث ه ل م})$$

$$= 2 \left(\frac{1}{2} \times \text{م ه}^2 \times \theta + \frac{1}{2} \times \text{م ل} \times \text{ه ل} \right)$$

- ٢١ -

$$= 1 \times \frac{1}{4} \times 5 \times 2 \times \frac{\pi}{180} \times \theta$$

$$+ \frac{1}{4} \times 2 \times \frac{\pi}{180} \times \theta \times 5 \times 2 \times \frac{\pi}{180} \times \theta$$

$$= 1 \times \frac{\pi}{180} \times \theta + \frac{\pi}{180} \times \theta \times 5 \times 2 \times \frac{\pi}{180} \times \theta$$

$$\phi \times 2 = \frac{\pi}{180} \times \theta \times 2 + \frac{\pi}{180} \times \theta \times 5 \times 2 \times \frac{\pi}{180} \times \theta$$

$$\phi = \frac{\theta}{90} + \frac{\theta^2}{180}$$

(و) بعد إيجاد قيمة θ من العلاقة السابقة يرسم خط العرض بحيث يبعد عن

خط الاستواء بمسافة $m = \phi \times 2$

$$m = 2 \times \phi$$

الجدول الآتي يعطي قيم الزوايا θ المقابلة لقيم ϕ والتي يمكن الحصول عليها من حل المعادلة المذكورة في (هـ) بيانياً. كما يعطي الجدول أيضاً قيم أبعاد خطوط العرض عن خط الاستواء. ويعطي الجدول أيضاً طول المسافة على خط العرض ϕ والتي تمثل 90° طولية وهذه يمكن استخدامها لإيجاد المسافة على خطوط العرض لأي عدد من الدرجات الطولية.

المعرض ϕ	θ	بعد خط العرض ϕ عن الاستواء طول $27^\circ 2' 27''$ جا θ	طول مسافة على خط العرض ϕ تمثل 90° طول $27^\circ 2' 27''$ جا θ
0°	0°	٢٠٩٣٢	٨٩٨٨
1°	$0^\circ 52'$	٧٥٨٦٦	٨٩٢٤
10°	$1^\circ 49'$	١١٥٨١٦	٨٨١٦
20°	$2^\circ 47'$	١٥٥٧٨٢	٨٦٧٠
30°	$3^\circ 47'$	١٩٥٧٨٢	٨٤٧٨
40°	$4^\circ 50'$	٢٣٥٨٢٣	٨٢٣٦
50°	$5^\circ 50'$	٢٧٥٩١٦	٧٩٥٦
60°	$6^\circ 48'$	٣٢٥٠٦٦	٧٦٣١
70°	$7^\circ 4٨'$	٣٦٥٣٠٠	٧٢٦٢
80°	$8^\circ ٣٨'$	٤٠٥٦٣٣	٦٨٣٥
90°	$9^\circ ٠٥'$	٤٥٠٠٨٣	٦٣٥٧
٦٠	$٤٩^\circ ٤١'$	٤٩٥٦٨٣	٥٨٢٩
٦٥	$٥٤^\circ ٢٨'$	٥٤٥٤٦٦	٥٢٣٦
٧٠	$٥٩^\circ ٣٢'$	٥٩٥٥٣٣	٤٥٦٧
٧٥	$٦٤^\circ ٥٨'$	٦٤٥٩٦٦	٣٨٠٩
٨٠	$٧٠^\circ ٥٥'$	٧٠٥٩١٦	٢٩٤٣
٨٥	$٧٨^\circ ٠٤'$	٧٨٥٠٦٦	١٨٦٠
٩٠	$٩٠^\circ ٠٠'$	٩٠٥٠٠٠	صفر
			٩٠٠٨

- ٢٢ -

مثال

حساب الأبعاد الأساسية في مسقط مولفايدى بقياس ١ : ١٠٠ مليون
للعالم كله .

$$= ١٢٧٤ \text{ سم}$$

ن

طول نصف المحور الأصغر للقطع المحددة $= \sqrt{2} \text{ نق} = ١٧.٠١٧ \text{ سم}$

طول نصف المحور الأكبر $= ٣٦٧.٠٢٤ \text{ سم}$

$$\text{بعد خط العرض } ١^\circ \text{ عن الاستواء} = \frac{١٠٠٠٠٠ \times ١٢٣٦}{\dots \dots \dots} = ٢٤٧٢ \text{ سم}$$

$$\text{د د د } ٢٠^\circ \text{ د د د} = \frac{١٠٠٠٠٠ \times ٢٤٥٢}{\dots \dots \dots} = ٤٩٠٤ \text{ سم}$$

$$\text{بعد خط العرض } ٣٠^\circ \text{ عن الاستواء} = \frac{١٠٠٠٠٠ \times ٣٦٣٧}{\dots \dots \dots} = ٧٢٧٤ \text{ سم}$$

$$\text{بعد خط العرض } ٧٠^\circ \text{ عن الاستواء} = \frac{١٠٠٠٠٠ \times ٧٧٦٥}{\dots \dots \dots} = ١٥٥٣٠ \text{ سم}$$

$$\text{د د د } ٨٠^\circ \text{ د د د} = \frac{١٠٠٠٠٠ \times ٨٥١٠}{\dots \dots \dots} = ١٧٠٢٠ \text{ سم}$$

طول مسافة على خط العرض ١٠° تمثل ١٨٠° طولية

$$= ٣٥٦٩٦ \text{ سم} = \frac{١٠٠٠٠ \times ٢ \times ٨٩٢٤}{\dots \dots \dots}$$

طول مسافة على خط العرض ٢٠° تمثل ١٨٠° طولية

٢٤ -

$$٣٠٢٤٠٦٨٠ = \frac{١٠٠ \dots \times ٢ \times ٨٠٧٠}{٥٠ \dots \dots} =$$

طول مسافة على خط العرض ٢٠° تمثل ١٨٠° طولية

$$٣٣٢٢٩٤٤ = \frac{١٠٠ \dots \times ٢ \times ٨٢٣٦}{٥٠ \dots \dots} =$$

⋮ ⋮ ⋮ ⋮

طول مسافة على خط العرض ٧٠° تمثل ١٨٠° طولية

$$٣١٨٠٢٦٨ = \frac{١٠٠ \dots \times ٢ \times ٤٠٦٧}{٥٠ \dots \dots} =$$

طول مسافة على خط العرض ٨٠° تمثل ١٨٠° طولية

$$٣١١٠٧٧٢ = \frac{١٠٠ \dots \times ٢ \times ٢٩٤٣}{٥٠ \dots \dots} =$$

مثال

مقطع مولفايدى للبحر الهادى بمقياس ١ : ١٠ مليون. خط الطول الأوسط ١٦٠° غرب وتمتد الخريطة من العرض ٧٠° شمال إلى العرض ٧٠° جنوب ، كما تمتد من الطول ٧٠° غرب إلى الطول ١١٠° شرق

$$\text{نق} = ١٣٠٧٠ \text{ سم}$$

والانصاع الطول للخريطة ١٨٠° طولية

$$٣٦٠١٨ = \frac{١٠٠ \dots \times ٦١٨}{١٠ \dots \dots} = \text{بعد خط العرض } ٥^\circ \text{ عن الاستواء}$$

-- ٢٥ --

بعد خط العرض ١٠ عن الاستواء = ١٢,٣٦ سم

د د د ١٥ د = ١٨,٤٧ سم

د د د ٢٠ د = ٢٤,٥٢ سم

طول مسافة على خط الاستواء تمثل ٩٠ طولية

$$\sqrt{2} \text{ ثق} = ٩٠,٠٠٨٥ \text{ سم}$$

طول مسافة على خط العرض ٥° تمثل ٩٠ طولية

$$٨٩,٨٨ \text{ سم} = \frac{١٠٠,٠٠٠ \times ٨٩,٨٨}{١٠,٠٠٠} =$$

طول مسافة على خط العرض ١٠° تمثل ٩٠ طولية = ٨٩,٣٤ سم

د د د ١٥ د د د = ٨٨,١٦ سم

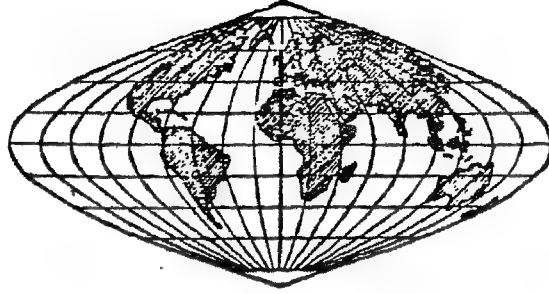
د د د ٢٠ د د د = ٨٦,٧٠ سم

٣ - مسقط سانسون فلامنتيد

(المسقط الجيبي)

يشترك هذا المسقط في بعض خصائص مسقط مولفايدى ويستخدم لنفس الأغراض التي يستخدم فيها مسقط مولفايدى ولكنه يتميز على مسقط مولفايدى بسهولة حساباته . ويتعرض مسقط سانسون فلامنتيد لتشويه كبير في المناطق البعيدة عن المركز .

٢٠



شكل ٢٠

العالم على مسقط سانون فلامستيد

الخصائص الهندسية للهيكل الجغرافي

١ - المسقط متساوي المساحات

٢ - خطوط العرض مستقيمة ومتوازية وتبعد عن بعضها بنفس المسافات المتساوية التي تبعد بها على المسطح الكروي للأرض

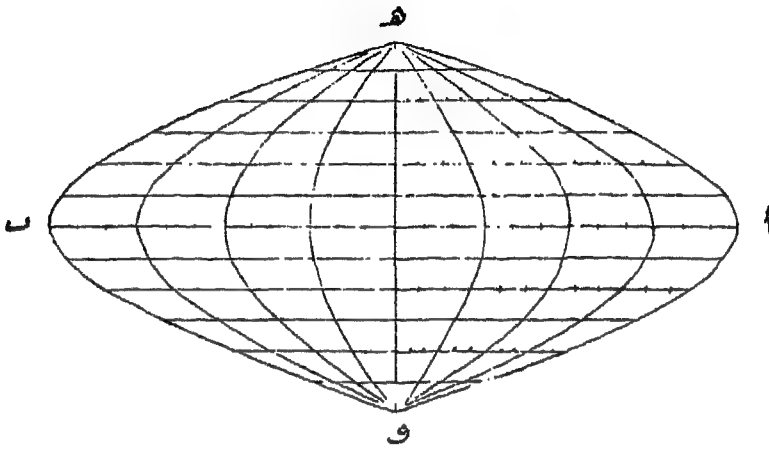
٣ - كل خط عرض يساوي في طوله محيط دائرة العرض المناظرة على سطح الأرض

٤ - خطوط الطول على شكل منحنيات الجيب ما عدا خط الطول الأوسط فهو مستقيم عمودي على الاستواء

• خط الطول الأوسط يساوي في طوله ، أحد خطوط الطول الأصلية على سطح الأرض . أى يساوي نصف طول خط الاستواء المرسوم على الخريطة .

طريقة الإنشاء

- ٢٧ -



شكل ٢١

١ - يرسم خط أفقى ا ب يمثل الاستواء طوله ٢ ط نق = ٤٠٠٢٤ كيلومتر
٢ - يرسم خط رأسى ه و عمودى على الاستواء عند منتصفه - يمثل الطول الأوسط وطوله ٢٠٠١٢ كيلومتر . ه ، و تمثلان القطبين وهما متساويتا البعد عن الاستواء .

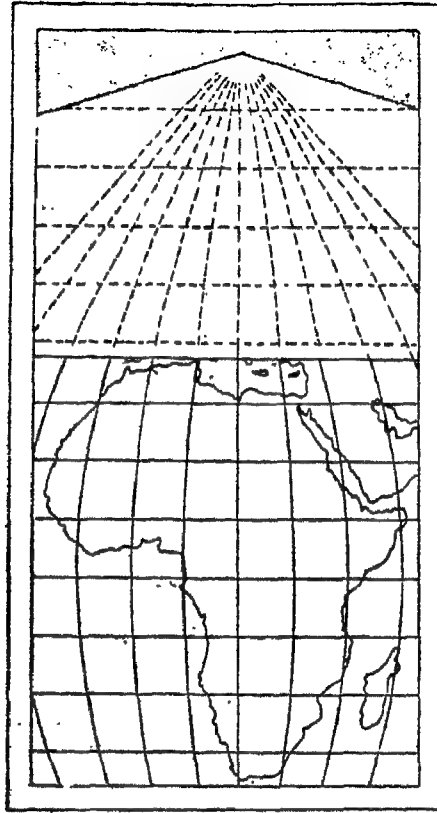
٣ - يقسم الطول الأوسط الى اقسام متساوية تمثل كل نقطة تقسيم منها النقاط مع أحد خطوط العرض (١٢ قسما في شكل ٢١ يمثل كل منها ١٥° عرضية)

٤ - ترسم خطوط العرض مستقيمة وموازية للاستواء وتمر بنقط التقسيم على خط الطول الأوسط ويكون طول كل خط منها مساويا طول الاستواء X جتا العرض وبالتساوى من كلا جانبي الطول الأوسط .

طول خط العرض ١٥° = طول الاستواء X جتا ١٥ = ٣٨٦٦٠ كيلومتر

، ، ، ، ، = ٣٠ ، ، ، ، ، X جتا ٣٠ = ٣٤٦٦٢ ،

الاتساع الطولي للخريطة = ٨٠° طولية



شكل ٢٢

أفريقيا على مسقط ساسون فلامستيد

$$\text{طول خط الاستواء على الخريطة} = ٨٠ \times \frac{\text{ط}}{١٨٠} \times ٦٣٧٧$$

٨٨,٩٤٢ سم

$$\text{طول خط العرض } ١٠^\circ = ٨٨,٩٤٢ \times \text{جتا } ١٠ = ٨٧,٥٩١$$

$$\text{طول خط العرض } ٢٠^\circ = ٨٨,٩٤٢ \times \text{جتا } ٢٠ = ٨٣,٥٧٨$$

$$\text{طول خط العرض } ٣٠^\circ = ٨٨,٩٤٢ \times \text{جتا } ٣٠ = ٧٧,٠٢٦$$

$$\text{طول خط العرض } ٤٠^\circ = ٨٨,٩٤٢ \times \text{جتا } ٤٠ = ٦٨,١٣٤$$

— ٤٠ —

طول خط الاطول الارسط من العرض ٤° شمال الى العرض ٤٠° جنوب

$$٣٨٨٩٤٢ = ٦٣٧٠ \times \frac{ط}{١٨٠} \times ٨٠ =$$

يقسم خط الطول الاوسط الى اقسام متساوية

٤ — مخطط كافرايسكى

يتلافى هذا المخطط التشويه الزائد الذى يظهر فى مخطط مولفايدى وايضا فى مخطط ساندون فلامستيد بعيدا عن مركز الخريطة . ويستخدم لتمثيل العالم على لوحة واحدة كما يستخدم أيضا لخرائط أجزاء من العالم لا يدخل فيها المخططين القطبيين

الخصائص الهندسية للبيكل الجغرافى

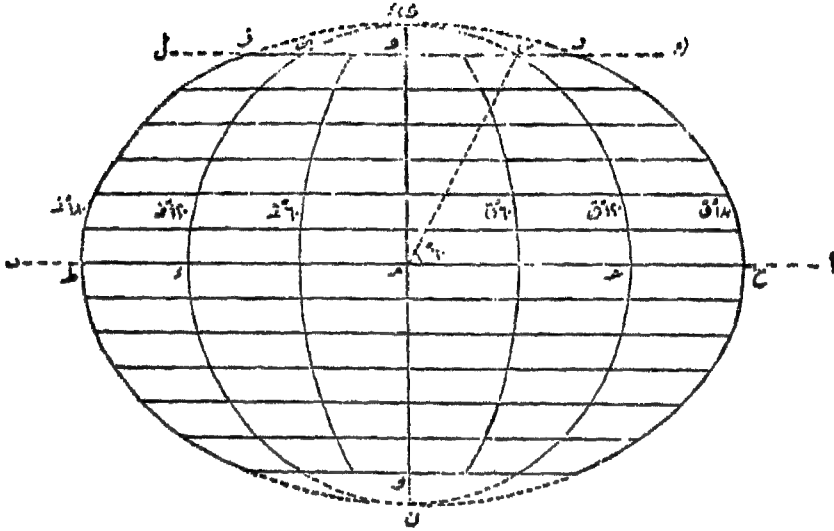
١ — خطوط العرض مستقيمة ومتوازية وتبعد عن بعضها بنفس المسافات التى تبعد بها على السطح الكروى للأرض .

٢ — خطوط الطول على شكل قطاعات نازمة ماعدا الطول الاوسط فهو على شكل مستقيم عمودى على الاستواء . وخط الطول الذى يبعد ١٢٠° عن الطول الاوسط على شكل دائرة مركزها هو مركز الخريطة .

٣ — خط الطول الاوسط هو الخط الوحيد فى المخطط الذى يساوى طوله الحقيقى على سطح الأرض

٤ — القطب يمثل بخط مستقيم موازى للاستواء ولذلك يترأى التشويه كلما اقتربنا من القطب

طريقة الإنشاء



شكل ٢٣

- ١ - يرسم خط أفقى ، ب يمثل جزء منه (يتحدد فيما بعد) خط الاستواء
- ٢ - عند مركز الخريطة م الواقعة على ا ب يرسم خط رأسى ه و عمودى على ا ب يمثل الطول الأوسط .

طول ه و يساوى المسافة بين القطبين على سطح الارض

ه و = ط ب = ٢٠٠١٢ كيلومتر

يقسم ه و الى اقسام متساوية (١٢ قسما فى شكل ٢٣ وكل قسم يمثل ١٥° عرضية)

- ٣ - عند النقطة ه يرسم خط مستقيم ك ل يوازي الاستواء .

وجزه من ك ل (يتحدد فيما بعد) يمثل القطب

ويكرر نفس العمل عند النقطة و

٤ - يرسم مستقيم يمر بالمركز م ويصنع زاوية ٦٠° مع الاستواء ليقابل
ك ل عند نقطة س .

نقطة س تمثل تقاطع خط الطول ١٢٠° شرق الطول الأوسط مع خط القطب

٥ - من المركز م ونصف قطر يحاكي م س ترسم دائرة . جزأ هذه
الدائرة المحصوران بين القطبين يمثلان خطي الطول ١٢٠° شرق ، ١٢٠° غرب
الطول الأوسط .

هذه الدائرة تقطع الاستواء ا ب في نقطتي هـ ، و
وتقطع القطب الشمالي ك ل في نقطتي س ، ص
وتقطع امتداد الطول الأوسط هـ و في نقطتي ي ، ن

٦ - عين النقطتين ح ، ط على المستقيم ا ب تمثلان نهايتي الاستواء
بحيث تكون م ح = $\frac{2}{3}$ م حـ

(يصبح طول الاستواء ح ط ٣ أمثال م حـ = ٣ م س)

طول الاستواء = ٣ م هـ قنا ٦٠°

$$= 2 \times \frac{1}{3} \text{ ط س } \times \text{ قنا } ٦٠ = ٣٤٦٦٢ \text{ كيلو متر }$$

٧ - عين النقطتين ر ، ز على الخط ك ل تمثلان نهايتي القطب الشمالي

بحيث تكون هـ ر = هـ ز = $\frac{2}{3}$ هـ س

(يصبح طول خط القطب ٣ أمثال هـ س)

طول القطب = ٣ م هـ ظنا ٦٠°

$$= 2 \times \frac{1}{3} \text{ ط س } \times \text{ ظنا } ٦٠ = ١٧٣٣١ \text{ كيلو متر }$$

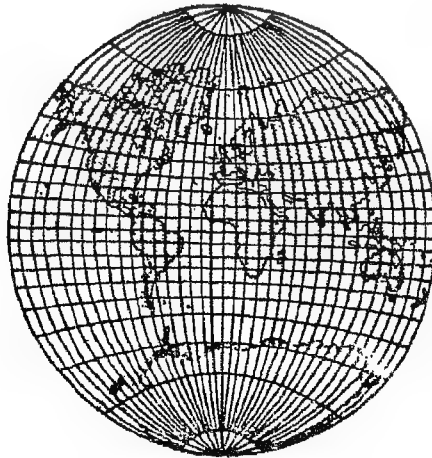
وطول القطب يعادل نصف طول الاستواء

٨ — يقسم ح ط إلى أنصاف أطول المتساوية .

٩ . ترسم القطاعات الناقصة التي تمثل خط-وط الطول والتي تشترك في المحورى ن ويمر كل قطاع منها بنقطتين متباعدتين من نقط تقسيم الاستواء ح ط .
١٠ — ترسم خطوط العرض مستقيمة ومتوازية ويمر كل منها بإحدى نقط تقسيم خط الطول الأوسط ه و .

ه — مسقط فاندرجرين

ولو أن هذا المسقط قليل الاستخدام إلا أنه يعطى تمثيلاً جيئداً للعالم الأرضية . فهو يتلافى التضاعط المتزايد للعالم في المناطق القطبية والذي يشاهد في مسقط مرفايدى ومسقط هالسون فلامستيد ؛ كما يتلافى التبعاعط المتزايد للعالم في المناطق القطبية في مسقط كافرايسكى .

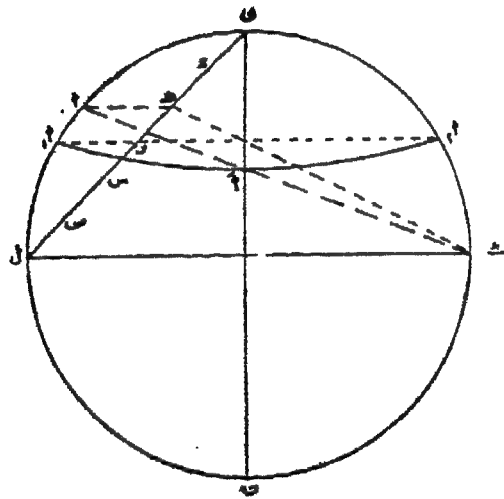


شكل ٢٤

العالم على مسقط فاندرجرين

ومن مميزات هذا المسقط على المساقط السابقة الذكر الخاصة برسم العالم أن دوائر الطول تظهر على شكل أقواس داوئر وليست على شكل قطاعات وأقواس الدوائر على المسقط أقرب إلى الشكل الحق يبق لها على سطح الأرض .

لا يتميز هذا المسقط بأى من الخصائص الهندسية مثل تساوى المساحات أو غيرها ، ولكنه يتميز بسهولة الرسم .
طريقة الإنشاء



شكل ٢٥

- ١ — ترسم دائرة نصف قطرها يساوى قطر الأرض = ١٢٧٤٠ كيلو متر .
- ٢ — يرسم القطر الافقى ك ل يمثل الاستواء ويرسم القطر الرأسى ن ي يمثل خط الطول الأوسط . وتكون ن ، ي نقطتى القطبين .

٣ — يقسم الاستواء إلى أقسام متساوية . وتمثل كل نقطة تقسيم تقاطع الاستواء مع خط من خطوط الطول .

٤ — ترسم خطوط الطول على شكل أقواس دوائر تمرر بالقطبين وينقط التقسيم على خط الاستواء .

٥ — ترسم دوائر العرض على شكل أقواس دوائر مركزها على خط الطول الأوسط أو امتداده وبحيث يمر كل قوس منها بثلاثة نقط مثل (١ ، ١ ، ١) يتم تحديدها كما يلي :

(١) يقسم γ ل إلى عدد من الأقسام المتساوية عند النقط ω ، ϵ ، δ ، σ ... بحسب عدد دوائر العرض المطلوب رسمها .

(ب) من كل نقطة تقسيم يرسم خط يوازي القطر γ ل . كل من تلك الموازيات يقطع محيط الدائرة في نقطة قريبه . (في شكل ٢٥ الموازي من نقطة ϵ يقطع محيط الدائرة في ١) .

(ج) نصل النقطة γ ك بالنقطة ١ (وكذلك ببقية النقط على المحيط) فيقطع هذا الخط γ القطر الرأسى γ ن في نقطة ١ (كما تنتج أيضا نقط مماثلة) .

(د) نصل النقطة γ ك بالنقطة ϵ (وكذلك ببقية النقط المماثلة) ومن نقطة تقاطع γ ك مع القطر الرأسى γ ن رسم خطا افقيا موازيا للإستواء يقطع محيط الدائرة في ١ ، ١ ، ١ .

(هـ) يحدد قوس الدائرة ١ ، ١ دائرة العرض المطلوبة (٦٠° في شكل ٢٥) .

- ٤٦ -

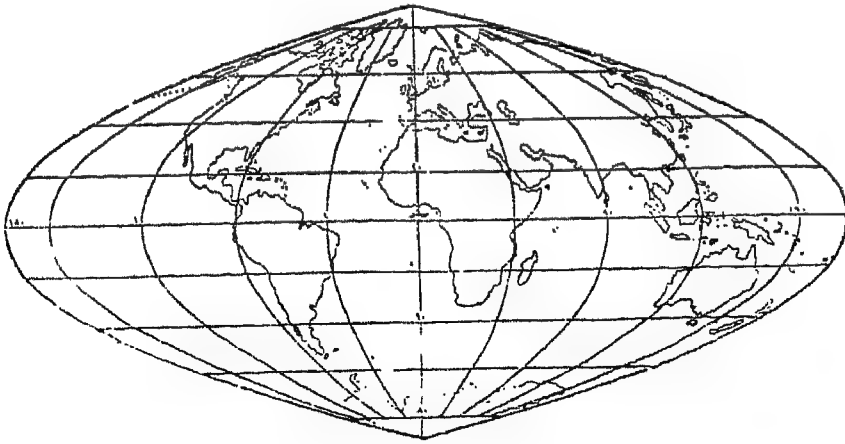
٦ - مساقط معدلة أخرى

صممت مساقط أخرى لتمثل العالم كله في صور أحسن من المساقط السابق ذكرها . ولكن مازالت المساقط المذكورة وهي الكروي ومولف-إيدي وسانسون فلامستيد تحظى بشهرة كبيرة .
يبين الأشكال الآتية بعض المساقط المعدلة



شكل ٢٦

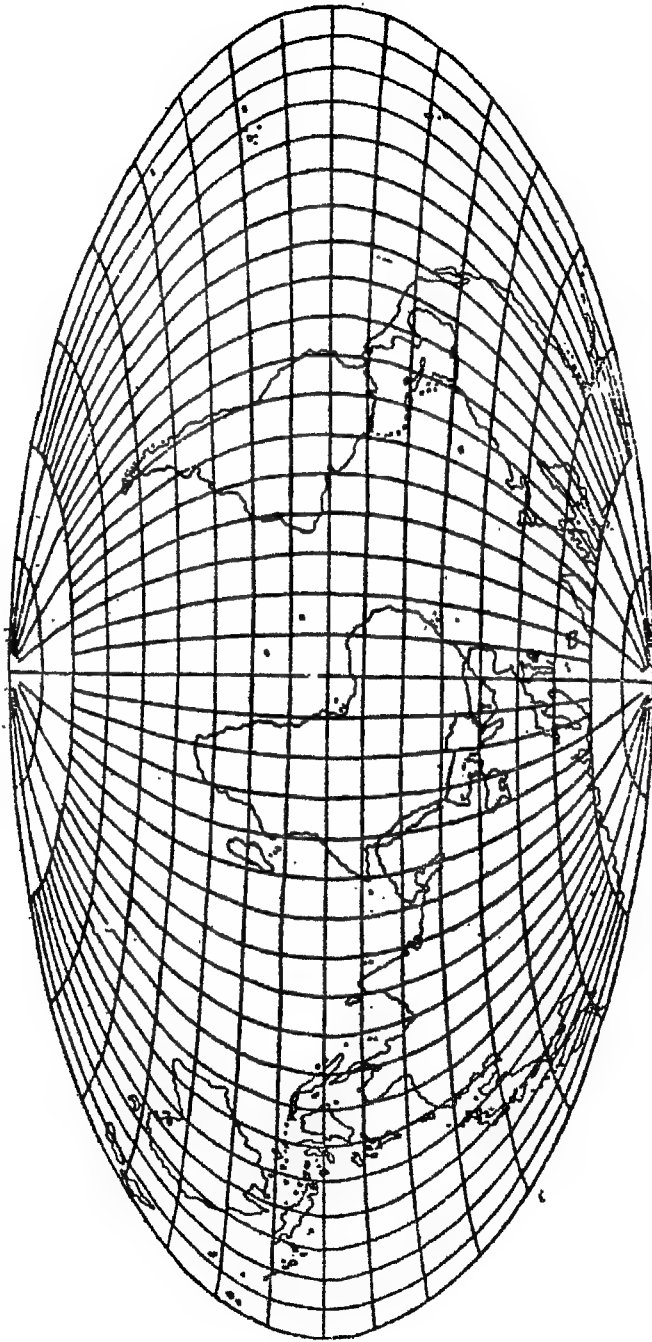
العالم على مسقط وينكل



شكل ٢٧

- ٤٧ -

شکل ٢٨
الاسام على مناطق ماسار

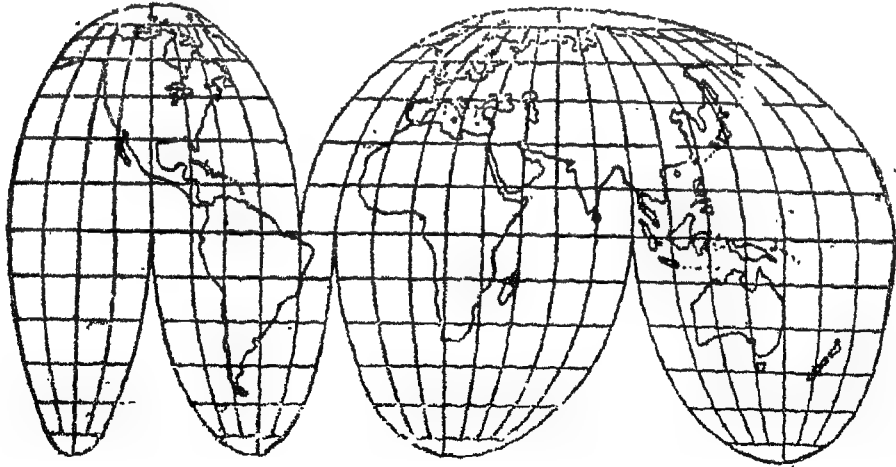


٧ - المساقط المنتظمة

يمكن قطع المسقط الذي يمثل العالم كله والذي تظهر فيه خطوط العرض خطوطاً مستقيمة مثل مسقط مولفايدى ومسقط انسون فلامستيد لأنه كما ذكرنا وكما يوضح من أشكال تلك المساقط يوجد تشويه كبير يتزايد مع الابتعاد عن مركز الخريطة .

يتم قطع المسقط على نصف خط من خطوط الطول — النصف الشمالى أو النصف الجنوبى .

وسيبقى خط الاستواء وحدة كاملة تصل اجزاء العالم ببعضها . عند بيان القارات فى هذه الحالة يتم قطع المسقط على خطوط الطول التى تمر فى المحيطات وعند بيان المحيطات يتم قطع المسقط على خطوط الطول التى تمر فى القارات . يحسن عدم قطع المسقط على خط الطول كله شمال وجنوب الاستواء إذ أن ذلك يبين الشكل الناتج وكأنه مسطعين متجاورين ويغير من الشكل المتكامل للمسقط .



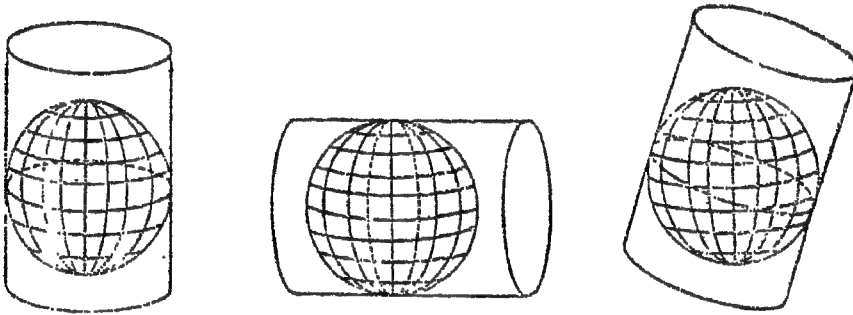
شكل ٢٩

مسقط مولفايدى المنتظم

الباب الخامس

المساقط الإسطوانية

في هذه المجموعة من المساقط نبدأ بإسطوانة تمس الكرة الأرضية حول دائرة عظمى يمر مستواها بمركز الكرة الأرضية .



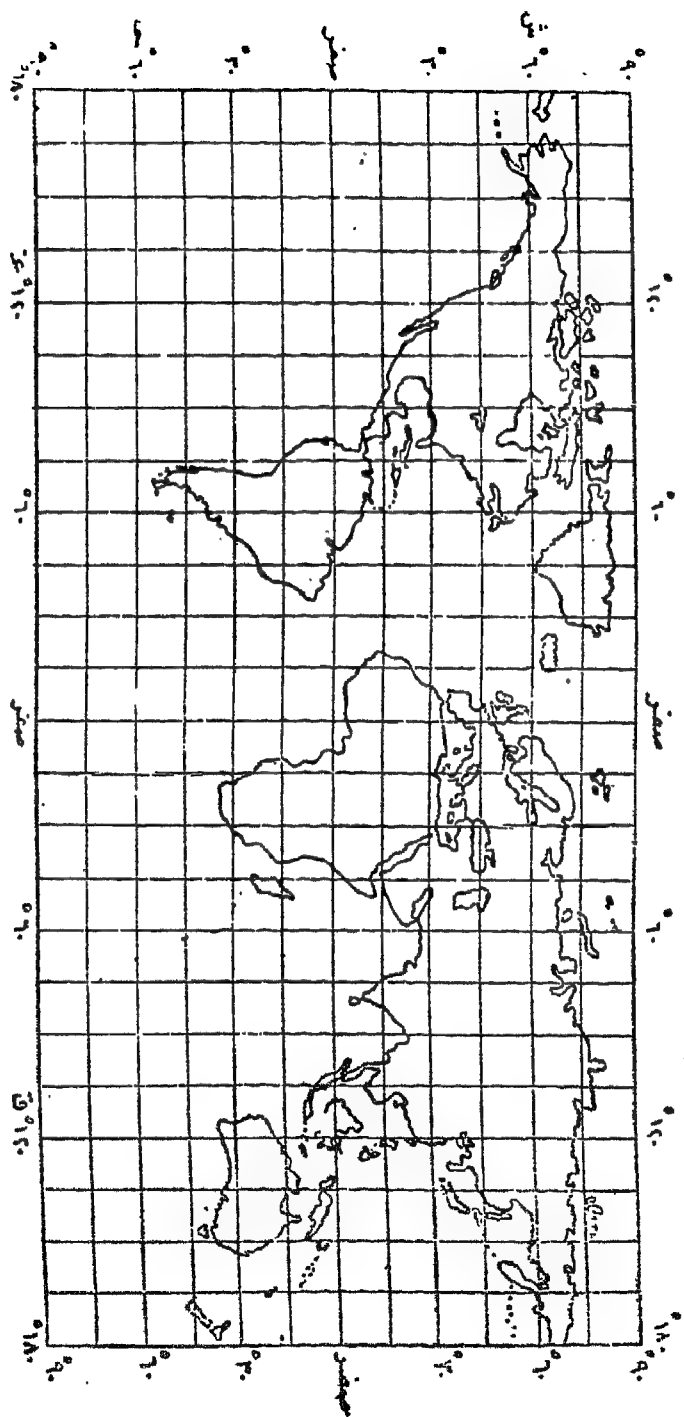
شكل ٣٠

هذه الإسطوانة قد تمس الأرض حول الاستواء وهي الحالة الشائعة ، وقد تمس الإسطوانة سطح الأرض حول أحد خطوط الطول ويسمى المسقط الناتج في هذه الحالة مسقط أسطوانى مستعرض ، وقد يكون التماس حول أى دائرة عظمى وعندئذ يسمى المسقط الناتج مسقط أسطوانى منحرف .

في كل مسقط أسطوانى تكون دائرة التماس على الخريطة مطابقة تماماً لنفس الدائرة على سطح الأرض .

١ - المسقط الأسطوانى البسيط

هذا المسقط قليل الاستخدام ولكنه يوضح طريقة إنشاء أى مسقط أسطوانى ، والمساقط الأسطوانية عامة تتفق مع بعضها في أن خطوط العرض



116

والم على سعة اطلاعاني بسبيل

على المسقط متساوي في أطرافها خط الاستواء . ومن هنا يتبين التشويه المتزايد
الناجم مع الابتعاد عن الاستواء شمالا وجنوبا .

طريقة الرسم

نرسم شبكة من المربعات داخل مستطيل طوله يساوي طول خط الاستواء
أي ٢ ط نق = ٤٠٠٢٤ كيلومتر وعرض المستطيل يساوي طول
أحد خطوط الطول = ٢٠٠١٢ كيلومتر .

٢ - المسقط الاسطوانى متساوى المساحات

يشبه هذا المسقط الى حد ما المسقط الاسطوانى البسيط ولكنه يتميز
عليه بخاصية تساوى المساحات . والمسافات بين خطوط الطول متساوية
وتساوى المسافات المناظرة على خط الاستواء الأرضى ويتم التحكم فى المسافات
بين خطوط العرض حتى تكون المساحات على المسقط مساوية للمساحات المناظرة
على سطح الأرض .

يستخدم هذا المسقط فى خرائط التوزيعات لمناطق من العالم يتوسطها
الاستواء .

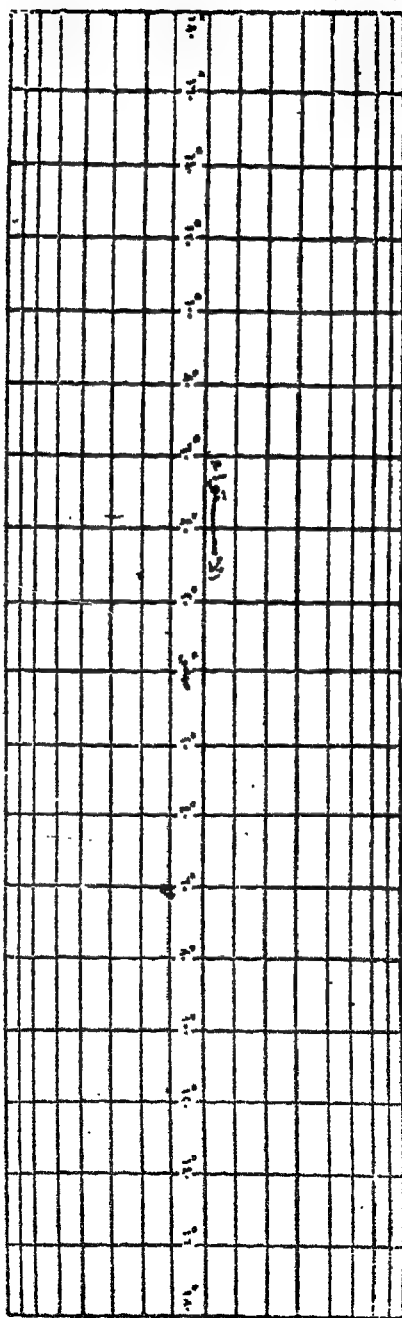
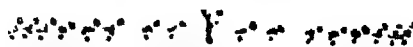
ويتميز بسهولة إنشائه .

طريقة الإنشاء

١ - يرسم خط أفقى يمثل الاستواء طوله ٢ ط نق = ٤٠٠٢٤ كيلومتر

٢ - يقسم الاستواء الى اقسام متساوية ، تمثل كل نقطة تقسيم منها نقاط خط

الاستواء مع احد خطوط الطول



الممكن الجناني لـ نقطه بطوراني متساوي المباحات
شكل ٣٢

٣ - لما كانت مساحة منطقة على سطح الأرض بين الاستواء والعرض ϕ
 $= 2\pi r \sin \phi$ وهذه تنأى مساحة المستطيل المناظر على المسقط وطوله
 يساوى طول الاستواء $= 2\pi r$

$$\therefore \text{عرض المستطيل أى بعد العرض } \phi \text{ عن الاستواء} = \frac{2\pi r \sin \phi}{2\pi r}$$

$$= \sin \phi$$

وعلى تلك الأبعاد ترسم خطوط العرض

مثال : مسقط اعطوانى متساوى المساحات للعالم كله بمقياس ١ : ٢٠٠ مليون

$$\text{نق} = 37185 \text{ سم}$$

$$\text{طول الاستواء} = 2\pi r = 40075 \text{ سم}$$

$$\text{بعد العرض } 10^\circ \text{ عن الاستواء} = \text{نق} \sin 10^\circ = 6053 \text{ سم}$$

$$\begin{array}{ccccccc} & 20^\circ & & & & & \\ & \text{د} & \text{د} & \text{د} & \text{د} & \text{د} & \text{د} \\ & \text{نق} \sin 20^\circ = 12089 \text{ سم} & & & & & \end{array}$$

$$\begin{array}{ccccccc} & 30^\circ & & & & & \\ & \text{د} & \text{د} & \text{د} & \text{د} & \text{د} & \text{د} \\ & \text{نق} \sin 30^\circ = 17593 \text{ سم} & & & & & \end{array}$$

$$\begin{array}{ccccccc} & & & & & & \\ & \vdots & & \vdots & & \vdots & \\ & 70^\circ & & & & & \\ & \text{د} & \text{د} & \text{د} & \text{د} & \text{د} & \text{د} \\ & \text{نق} \sin 70^\circ = 35993 \text{ سم} & & & & & \end{array}$$

$$\begin{array}{ccccccc} & 80^\circ & & & & & \\ & \text{د} & \text{د} & \text{د} & \text{د} & \text{د} & \text{د} \\ & \text{نق} \sin 80^\circ = 37185 \text{ سم} & & & & & \end{array}$$

٣ - المسقط الاسطواني التشابهي أو

مسقط مركبتور

هو أول مسقط تم تصميمه في صورة عليية . وهو أهم مسقط في المجموعة الاسطوانية وأكبر المساقط شهرة وهو الوحيد المستخدم في خرائط الملاحة . صمم جبراردروس مركبتور هذا المسقط . ليعطى للملاحين خريطة تسهل لهم التعرف على خطوط السير بالبحار

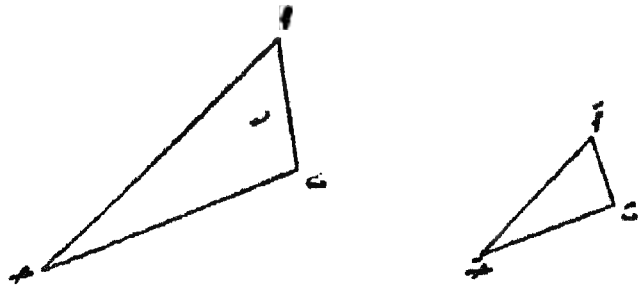
ولما كان الخط المستقيم هو أسهل الخطوط التي يمكن رسمها بين مكانين على الخريطة ، لذلك صمم مركبتور مسقطه بحيث أن الخط المستقيم المرسوم عليه يمثل خط اتجاه ثابت - وبذلك توصل إلى أن خطوط الطول وهي التي تحدد اتجاه الشمال لا بد وأن تظهر على المسقط مستقيمة ومتوازية .

وبلغة المساقط يكون المسقط اسطوانيا :

خاصية التشابه

تحقق هذه الخاصية في هذا المسقط وفي مساقط أخرى أيضا .

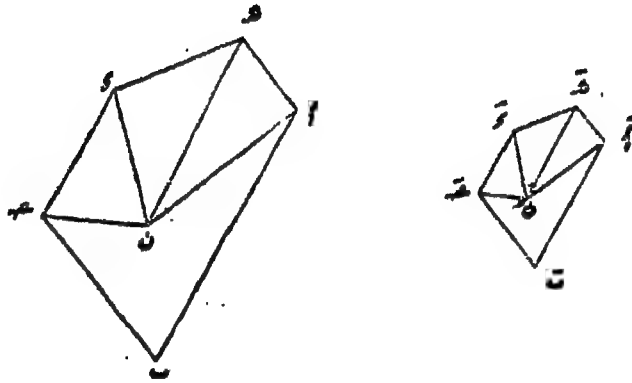
والتشابه الهندسي في المساقط هو تشابه شكل منطقة صغيرة من سطح الخريطة مع شكل المنطقة المناظرة على سطح الأرض .



شكل ٢٢

يشابه المثلثان $\triangle ABC$ ، $\triangle A'B'C'$ إذا تساوت الزوايا فيهما . وفي هذه الحالة تتناسب الأضلاع المتناظرة ويكون

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{B'C'}{BC} = \frac{A'C'}{AC}$$

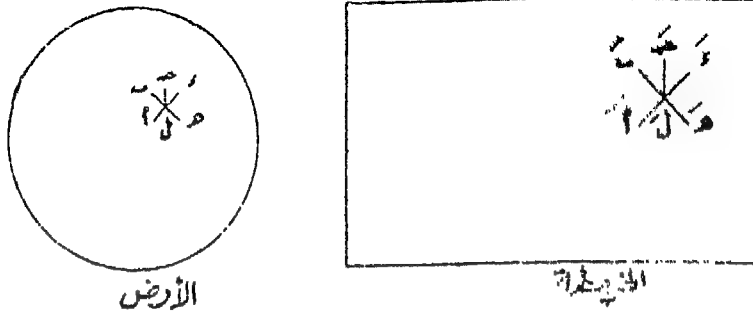


شكل ٣٤

وعندما يتشابه المضلعان $ABCD$ ، $A'B'C'D'$ ، $\triangle ABC \sim \triangle A'B'C'$ تتساوى الزوايا المتناظرة .

كذلك لو أخذت نقطتان في كل مضلع منها مثل N ، N' ركانتا في موضعين متناظرين بالنسبة للمضلعين تكون الزوايا بين N ، A ، B ، C ، D ، N و ... مساوية للزوايا بين N' ، A' ، B' ، C' ، D' ، N' و ...

$$\dots = \frac{N'A'}{A'B'} = \frac{N'B'}{B'C'} = \frac{N'C'}{C'D'} = \frac{N'D'}{D'A'} \quad \text{ويكون}$$



شكل ٣٥

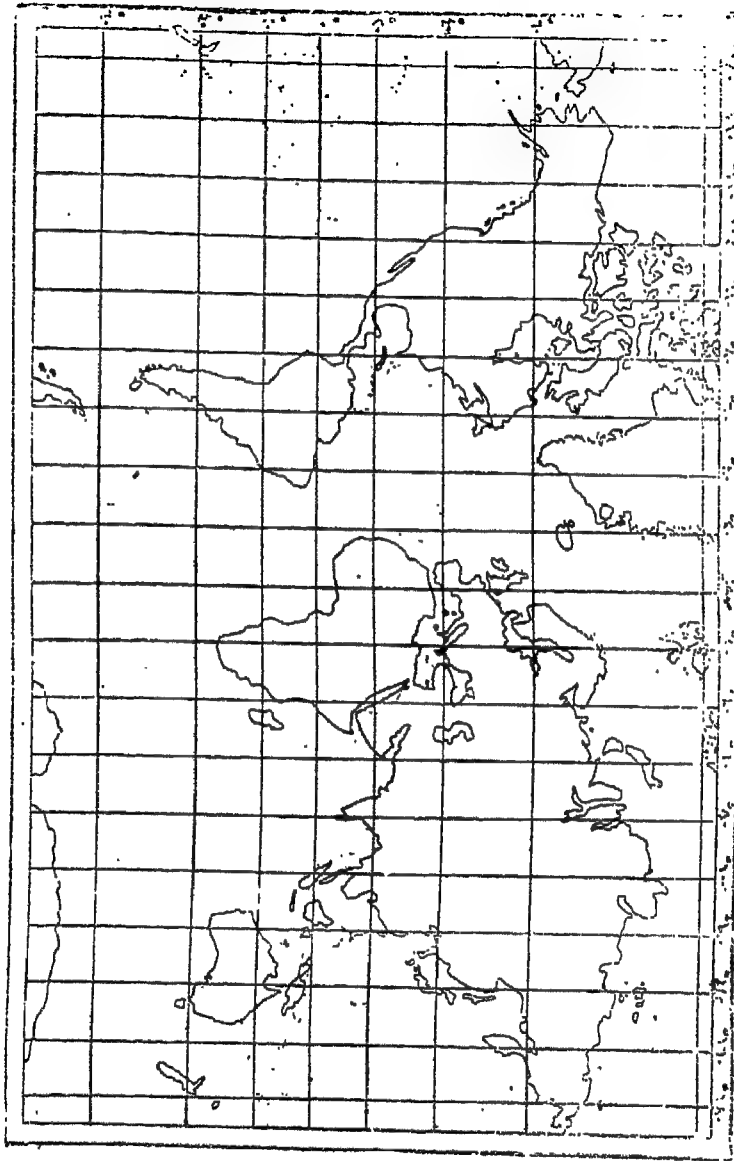
وعندما نلقاه ، منطقة من سطح الأرض عند النقطة ل مع المنطقة المناظرة من سطح الخريطة عند النقطة ل' ، تكون الزوايا المرسومة عند ل على سطح الأرض مساوية للزوايا المناظرة المرسومة عند ل' على سطح الخريطة .

$$\dots = \frac{\text{ل' ح'}}{\text{ل ح}} = \frac{\text{ل' ب'}}{\text{ل ب}} = \frac{\text{ل' أ'}}{\text{ل أ}}$$

طريقة الإبقاء

كما يتبين من اسم المسقط « استوائى » يتكون الهيكل الجغرافى من مجموعتين من الخطوط المتوازية المتعامدة . المجموعة الأولى تمثل خطوط الطول وتكون على أبعاد عن بعضها تساوى أبعادها الحقيقية على خط الاستواء الأرضى . المجموعة الثانية تمثل خطوط العرض وتكون متعامدة مع مجموعة خطوط الطول . وكما يتبين من اسم المسقط « تشابهى » يلزم أن تشابه المناطق الصغيرة من سطح الخريطة مع المناطق المناظرة من سطح الأرض . وهذه الخاصية التى تعنى تساوى الزوايا المناظرة وأيضا تناسب الأضلاع المناظرة تحدد أماكن خطوط العرض .

— ٥٧ —



شكل ٣٦

العالم على مسقط مركبتور

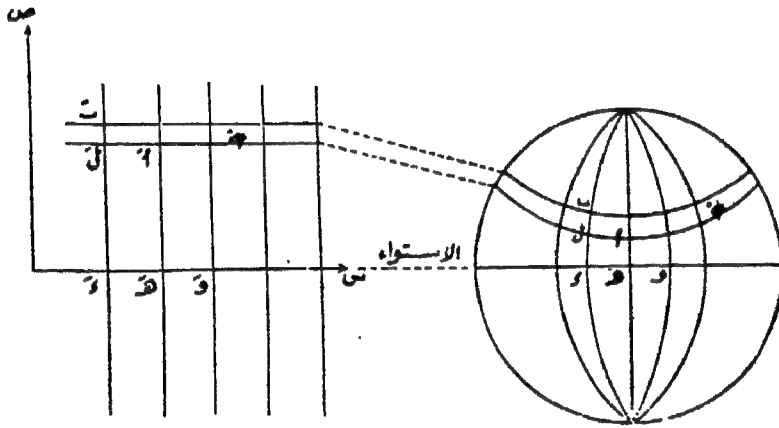
أولاً : خطوط الطول

١ - برسم خط أفقي يمثل الاستواء وطوله = ٢ سم تق = ٤٠٠٢٤ كيلومتر

٢ — يقسم الاستواء الى عدد من الاقسام المتساوية ، تمثل كل نقطة تقسيم منها تقاطع خط الاستواء مع أحد خطوط الطول .

٣ — ترسم خطوط الطول مارة بنقط تقسيم خط الاستواء وعمودية عليه

ثانيا : خطوط العرض



شكل ٢٧

لايجاد البعد على المخطط بين خط العرض ϕ وخط الاستواء أن نفرض هذا البعد = ص

ل ، λ نقطتان على دائرة العرض ϕ وتبعدان عن بعضهما بزاوية طول صغيرة مقدارها $\Delta \lambda$

ب نقطة على خط طول λ وتبعد عن λ بزاوية عرض صغيرة مقدارها $\Delta \phi$

نفرض أن λ' ، ϕ' ، ب هي مساقط ل ، λ ، ب على الخريطة .

نفرض أن ل^١، ا^١ تبعدان عن بعضهما بمسافة Δ س

.. ل'ب' .. Δ ص

للتشابه بين الخريطة والارض يكون

$$(1) \quad \frac{11}{11} = \frac{11}{11}$$

ل = ه' = و' = ه = ن = ۵

كذلك ل ۱ = نق جتا . φ Δ λ

وأيضا $\Delta \phi = \text{لق}$

وبالتعويض من العلاقات الثلاثة السابقة في العلاقة (١)

$$\frac{\lambda \Delta \cdot \text{نق}}{\lambda \Delta \cdot \text{نق جتا } \phi} = \frac{\Delta \text{ ص}}{\text{نق } \Delta \phi}$$

Δ ص = نِق قَا Δ

باتخاذ الاستواء على الخريطة محورا للعينات وأى خط من خطوط الطول

معمورا للمصادات وبإجراء التكمال .

$$\int_{\phi}^{\psi} f(x) dx = \int_{\psi}^{\phi} -f(x) dx$$

$$ص = \text{نق لوه ظا} = \left(\frac{\phi}{2} + 10\right) = (\phi + \phi) = \text{نق لوه (قا + ظا)}$$

وبالطبع $\lambda = \text{نق}$
 وحساب مسقط مركبتور لمنطقة من سطح الأرض بعيدة عن الاستواء نجد
 أن جميع الأطوال على المسقط أكبر بكثير من الأطوال المناظرة على سطح الأرض
 لذلك من المعتاد تصغير حجم الخريطة بنسبة جيب تمام العرض الأوسط للمنطقة
 وعندئذ تقرب الأطوال على المسقط من القيم الحقيقية لها على سطح الأرض .

مثال

لإيجاد أبعاد خريطة بمسقط مركبتور لمنطقة من سطح الأرض يحدها شمالا
 العرض ٥٨° شمالا ويحدها جنوبا العرض ٣٦° شمالا . كما يحدها شرقا الطول
 ١٠° غرب ويحدها غربا الطول ٤٨° غرب . والمقياس ١ : ٢ مليون
 الاتساع الطولي $١٠ - ٤٨ = ٣٨^\circ$ طولية

$$\text{العرض الأوسط} = \frac{٣٦ + ٥٨}{٢} = ٤٧^\circ$$

$$\text{نق} = ٣١٨٥٠٠ \text{ سم}$$

$$\text{امتداد الخريطة مع درجات الطول} = \text{نق} \cdot \frac{\pi}{180} \cdot \frac{\text{ط}}{\text{جنا}} = ٤٧^\circ$$

$$= ١٤٤٥٠٦٣ \text{ سم}$$

المسافة المركبتورية من الإستواء الى العرض ٥٨° شمال

$$= \text{نق لوه ظا} (٤٥ + \frac{٥٨}{٢}) = ٣٩٧٥٨٥٨ \text{ سم}$$

المسافة المركبتورية من الاستواء الى العرض ٣٦° شمال

$$= \text{نق لوه ظا} (٤٥ + \frac{٣٦}{٢}) = ٢١٤٥٧٥٧ \text{ سم}$$

امتداد الخريطة مع درجات العرض

$$= (٢١٤٥٧٥٧ - ٣٩٧٥٨٥٨) \text{ جتا } ٤٧^\circ = ١٢٤٥٨٧٤ \text{ سم}$$

الباب السادس

المساقط الانجائية

ترسم هذه المساقط على سطح مستوى يمس الكرة الأرضية عند نقطة محددة. وعادة يتم اختيار نقطة التماس بحيث تتوسط المنطقة المطلوب بيانها على الخريطة. وفي أغراض خاصة ، كما في شرائط تحديد الاتجاهات اللاسلكية مثلا ، تكون نقطة التماس عند موقع جغرافي محدد هو موقع محطة الإرسال اللاسلكي .

تسمى نقطة تماس سطح الخريطة مع سطح الأرض مركز الخريطة .

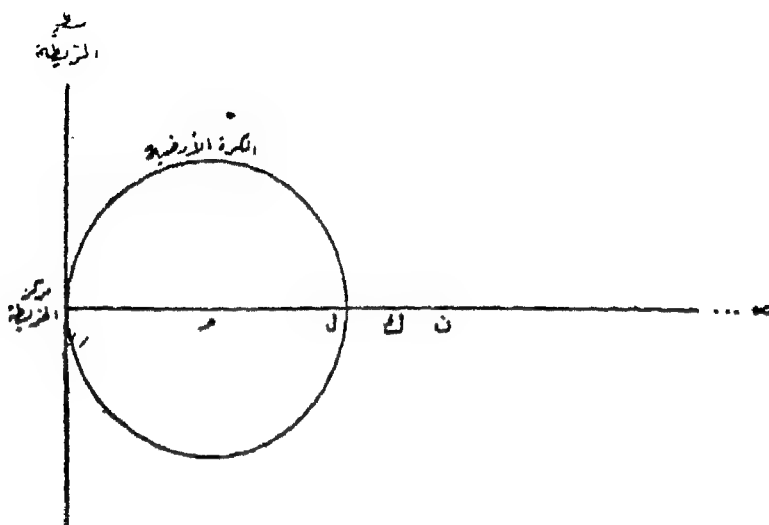
تنقسم المساقط الانجائية إلى قسمين رئيسيين : منظور وغير منظور .
والقسم المنظور منها يوضح صورة الإسقاط من سطح الأرض إلى سطح الخريطة

أولا : المساقط الانجائية المنظورة

نتصور أن سطح الأرض جسم شفاف تنفذ منه الأشعة الضوئية .

ويوجد هناك مصدر ضوئي مشع تنفذ أشعته من سطح الأرض وتسقط على السطح المستوي المطلوب الإسقاط عليه وتترك ظلالا تمثل شبكة خطوط الطول والعرض .

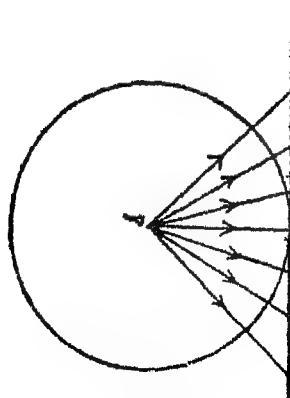
في جميع حالات المساقط الانجائية المنظورة تكون نقطة الاشعاع ، وتسمى مركز الإسقاط ، إحدى نقط القطر الذي يمر بمركز الخريطة . وفي كل مرة يأخذ مركز الإسقاط موقعا معينا ، ينتج مسقط له خصائص مميزة .



شكل ٣٨

هناك ثلاثة حالات رئيسية للمسافة الاتجاهية المنظورة (بالإضافة إلى حالات أخرى) نذكرها فيما يلي

الحالة الأولى



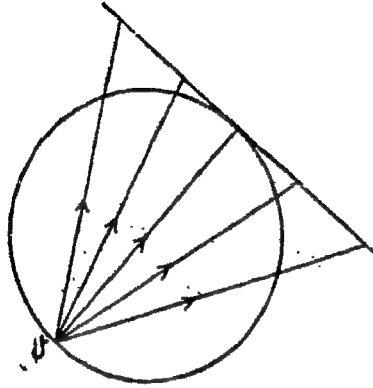
شكل ٣٩

اسقاط مركزي

يكون مركز الإسقاط عند مركز الكرة الأرضية (م) ويسمى المسقط

الناتج مسقط مركزي

الحالة الثانية :



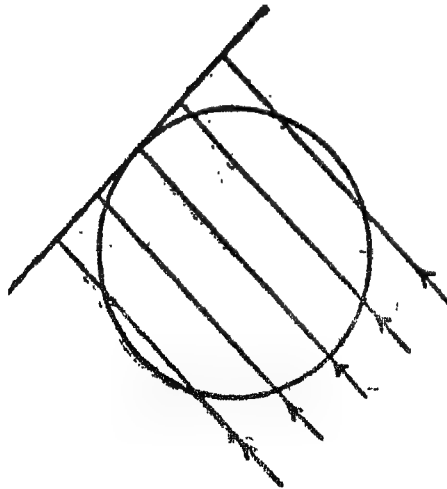
شكل ٤٠

اسقاط استريوجرافي

يكون مركز الإسقاط عند النهاية الأخرى (ل) للقطر الذي يمر بمركز الخريطة.

ويسمى المسقط الناتج مسقط مجسم أو استريوجرافي

الحالة الثالثة :



شكل ٤١

اسقاط أوزنوجرافي

يسكون مركز الاسقاط على امتداد القطر الذي يمر بمركز الخريطة وعلى مسافة لانائية . ويسمى المسقط الناتج مسقط صحيح أو ارثوجرافي

الحالة الرابعة

يسكون مركز الا-قاط عند نقطة (ك) شكل -٣٨- التي تبعد عن مركز الارض بمسافة $ك م = ١٣٦٧$ نق
ويسمى المسقط الناتج مسقط هزى جيمس .

الحالة الخامسة

يسكون مركز الاسقاط عند نقطة (ن) - شكل ٣٨ - التي تبعد عن مركز الارض بمسافة $ن م = ١٣٧١$ نق
ويسمى المسقط الناتج مسقط لاهير
ثانيا : المساط الاتجاهية الغير منظورة

في هذه المساط تنقل المعالم الجغرافية من سطح الارض الى سطح الخريطة طبقا لإحدى القاعدتين الآتيتين :

الحالة الأولى

تسكون المسافة على الخريطة بين أى موقع ومركز الخريطة مساوية للمسافة على سطح الارض بين نظير هذا الموقع ومركز الخريطة .
ويسمى المسقط الناتج مسقط اتجاهى متساوى المسافات

الحالة الثانية

تسكون المساحة على الخريطة لمنطقة معينة مساوية للمساحة المناظرة على سطح الارض .

ويسمى المسقط الناتج مسقط اتجاهى متساوى المساحات
تحتاج دراسة بعض المساط الاتجاهية الى معرفة رياضية أعلى من مستوى

الدراسة في هذا الكتاب . ولذلك سوف لا نتطرق دراسة المسافات الاتجاهية الى الحالات التي تحتاج الى رياضيات معقدة . وسنذكر في بعض الحالات الطريقة البيانية لرسم المسقط وهي الطريقة التي لا تعتمد على الحسابات المطولة بقدر ما تعتمد على الدقة في الرسم .

١ - المسقط المركزي

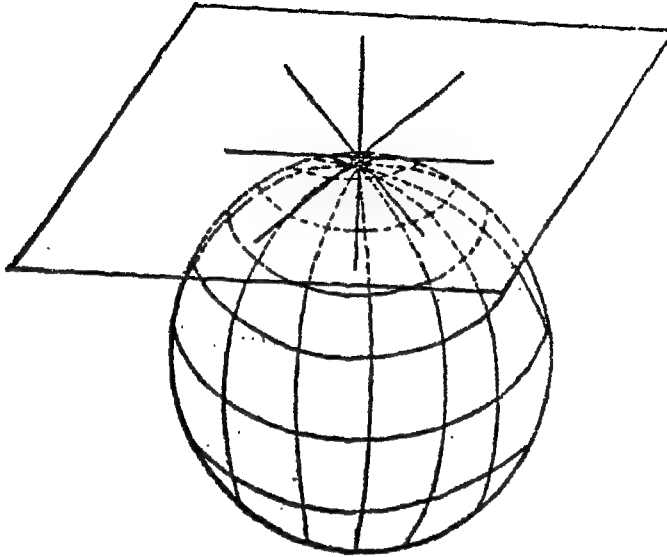
يستخدم المسقط المركزي في خرائط الملاحة البحرية والجوية إذ أن الخط المستقيم الذي يصل بين مكانين مرسومين على الخريطة يمثل أقصر مسافة بين هذين المكانين على سطح الأرض .

بين نقطتين على سطح الأرض يمكن رسم عدد لا نهائي من أقواس الدوائر ولكن قوس الدائرة العظمى يمكن أقصرها . والدائرة العظمى على سطح الأرض هي الدائرة التي يمر مستواها بمركز الأرض وبذلك يكون قطرها مساويا لقطر الأرض . فدائرة الاستواء دائرة عظمى ولكن دوائر العرض الأخرى دوائر صغيرة . بالمثل خطوط الطول تكون أنصاف دوائر عظمى .

ولإسقاط دائرة عظمى مرسومة على سطح الأرض من مركز الإسقاط موجود عند مركز الأرض ، تمر أشعة الإسقاط في نفس مستوى الدائرة العظمى الى أن تقابل مستوى الخريطة في خط مستقيم يمثل تلك الدائرة العظمى . ومن هنا يتضح أن كل خط مستقيم على سطح الخريطة المرسومة بالمسقط المركزي يمثل دائرة عظمى على سطح الأرض .

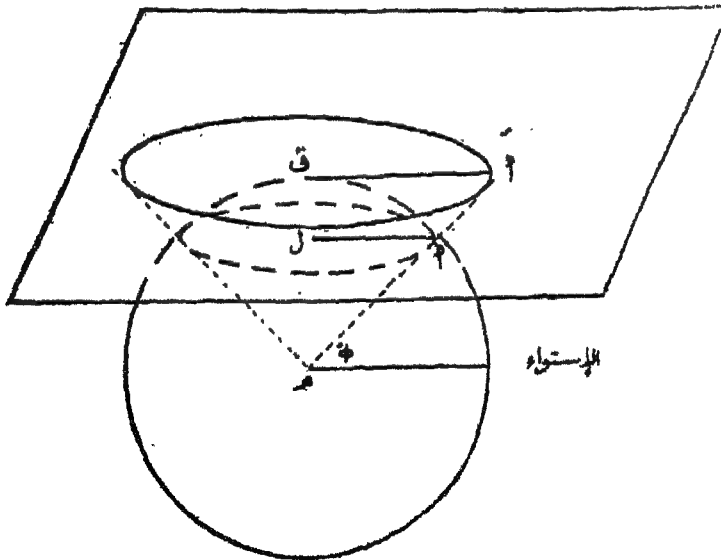
- ٦٦ -

أولاً - المخطط المركزي القطبي



شكل ٤٢

سطح الخريطة يس سطح الأرض عند القطب
والإسقاط يتم من نقطة عند مركز الأرض



شكل ٤٣

واضح أن خطوط الطول تسقط الى خطوط مستقيمة ، وتكون الزوايا بينها مساوية للزوايا الأصلية بين خطوط الطول عند القطب .

وواضح أيضا أن دوائر العرض تسقط الى دوائر مركزها هو نقطة القطب ولكن بأقطار أكبر من الأقطار الأصلية على سطح الأرض .

الخصائص الهندسية للهيكل الجغرافي

١ - خطوط الطول مستقيمة متلاقية عند القطب والزوايا بينها مساوية للزوايا الأصلية على سطح الأرض . وخطوط العرض تسقط الى دوائر مركزها نقطة القطب .

٢ - لإيجاد قيمة نصف قطر دائرة العرض ϕ (نق)

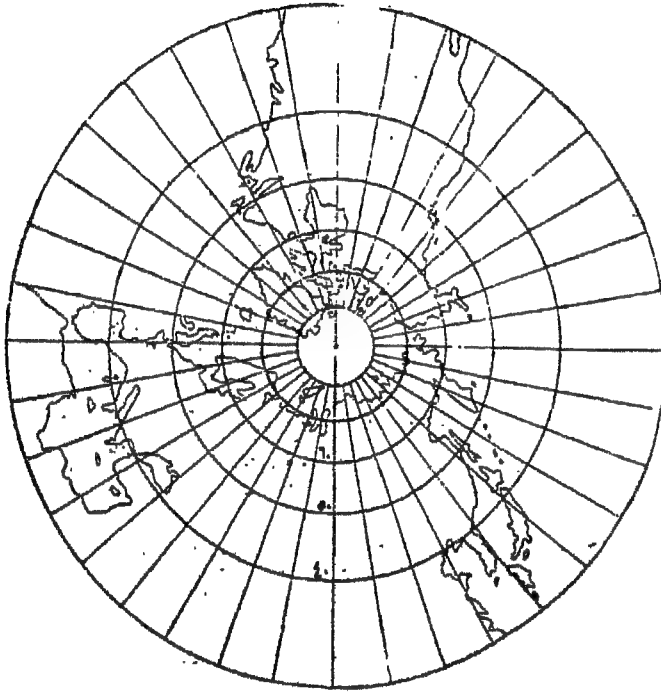
في شكل ٤٣ م مركز الأرض ، ق نقطة القطب ، ل مركز دائرة العرض ϕ المرسومة على سطح الأرض .

$$\text{في المثلث م ل ق} \quad \frac{ل ق}{م ق} = \frac{ن ق}{م ق} = \frac{ن ق}{ل ق} = \text{ظلنا } \phi$$

$$\text{نق } \phi = \text{نق ظلنا } \phi$$

٣ - واضح أن المقياس يتزايد مع الابتعاد عن نقطة القطب ويمجـز عن بيان دائرة الاستواء .

طريقة الانشاء



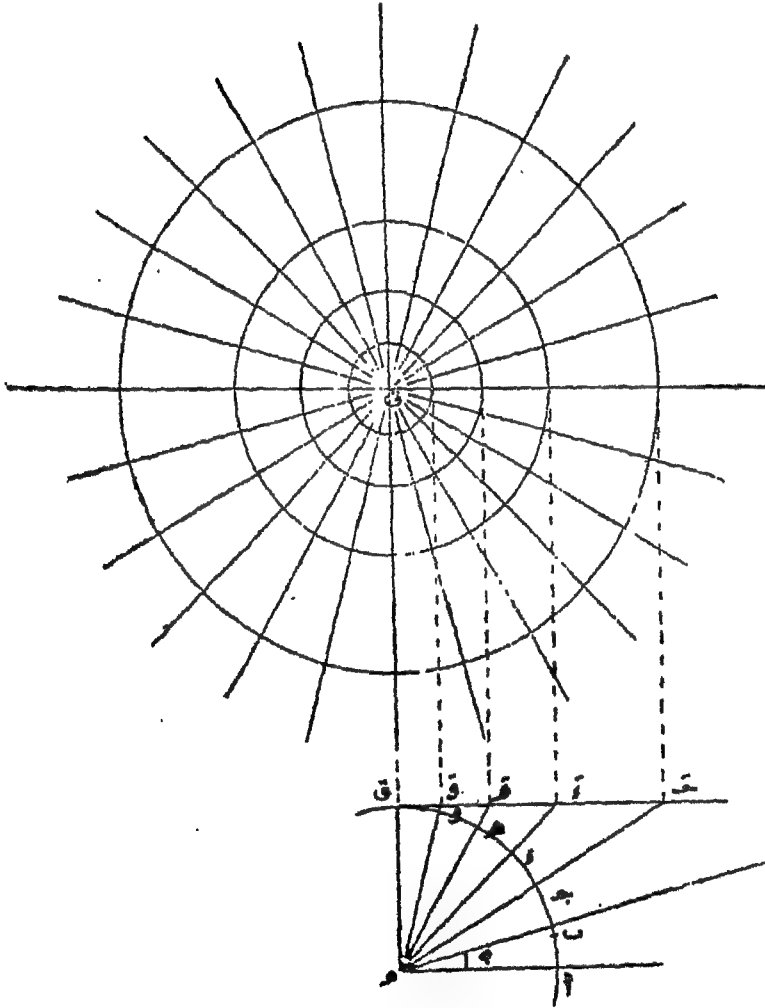
شكل ٤٤

المناطق الشمالية من العالم على مسقط مركزي

١ - ترسم مجموعة من الخطوط المتقابلة في نقطة تصنع فيها بينها زوايا متساوية (١٠° في شكل ٤٤) . هذه الخطوط تمثل خطوط الطول

٢ - من نقطة تقابل خطوط الطول (التي تمثل القطب) كمركز - ترسم دوائر المركز بأصافٍ أقطار تساوي تقاطع ϕ (تقاطع ٨° ، تقاطع ٧° ، ... في شكل ٤٤) . هذه الدوائر تمثل دوائر المركز

الطريقة البيانية لرسم المخطط المركزي القطبي



شكل ١٥

١ - من المركز م رسم نصف دائرة تمثل خط طول على سطح الارض ويكون قطرها مطابقا للقياس المطلوب .

- ٢ - نأخذ نقطة القطب ق أعلا القوس ونعدها نرسم مماساً لقوس الدائرة
- ٣ - نمد ق على استقامته الى نقطة ق' تمثل القطب على المسقط .
- ٤ - عند ق' نرسم مجموعة خطوط الطول تصنع فيها بينها الزوايا المطلوبة .
- ٥ - نحدد النقاط ا ، ب ، ج ، د ، هـ ، و ، ... على قوس خط الطول تمثل تقاطعات خطوط العرض المختلفة .
- ٦ - نمد الخطوط المستقيمة م ب ، م ج ، م د ، م هـ ، ... الى أن تقابل المماس عند ق' في النقاط ب' ، ج' ، د' ، هـ' ، ... على التوالي .
- ٧ - من المركز ق' نرسم دوائر العرض بانصاف اقطار تساوى ق' ب ، ق' ج ، ق' د ، ق' هـ ، ... ينتج المسقط المطلوب .

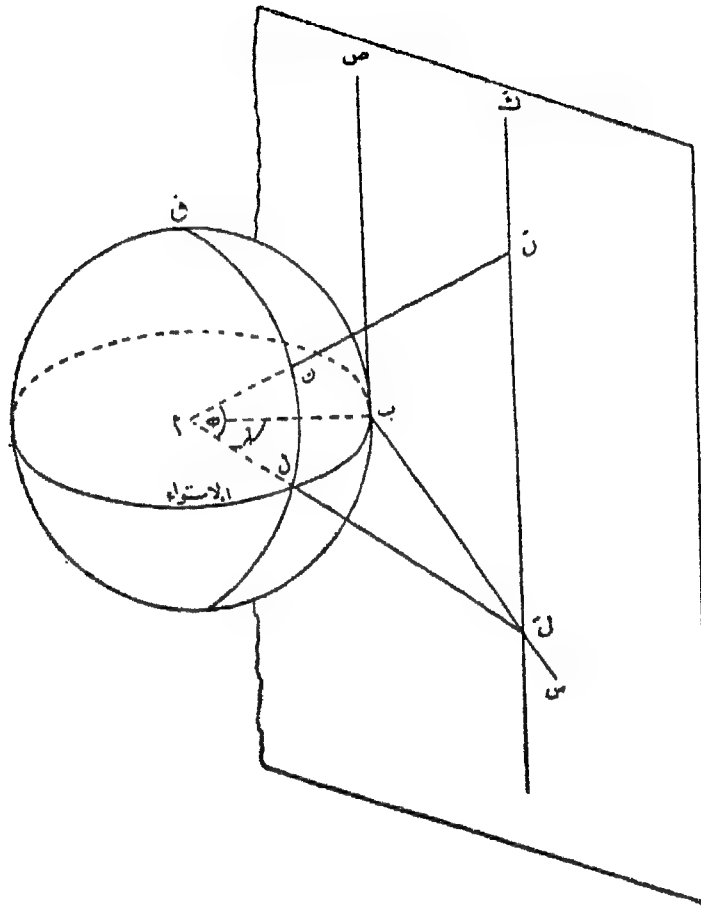
ملحوظة : كما يتضح من الطريقة السابق شرحها ، تتلخص الطريقة البيانية في إيجاد الأبعاد المطلوبة المسقط عن طريق الرسم وبدون الالتجاء الى الحساب .

فمثلاً اوجدنا طول نصف قطر دائرة العرض ق' د' باستخدام طولاً مرسوماً - اوى نصف قطر الأرض وهو م ق' وباستخدام زاوية مرسومة تساوى زاوية العرض م د . وبذلك أصبح ق' د' يمثل ثقل ظلاله .

يطبق نفس المبدأ في الطرق البيانية المستخدمة لرسم المساقط الأخرى أى نحصل بطريق الرسم على أطوال بدلاً من الحصول على قيمتها بالحساب .

ثانياً المسقط المركزى الاستوائى

سطح الخريطة يس - سطح الأرض عند نقطة على الاستواء مثل ب



شكل ٤٦

نتصور أن دائرة الاستواء تقع في مستوى الكتاب . وبذلك يكون مستوى الخريطة عموديا على مستوى الكتاب .

واضح أن خط طول النقطة ب يسقط على الخريطة خطا مستقيما عند تقابل مستواه مع مستوى الخريطة . أي الخط ب ص .

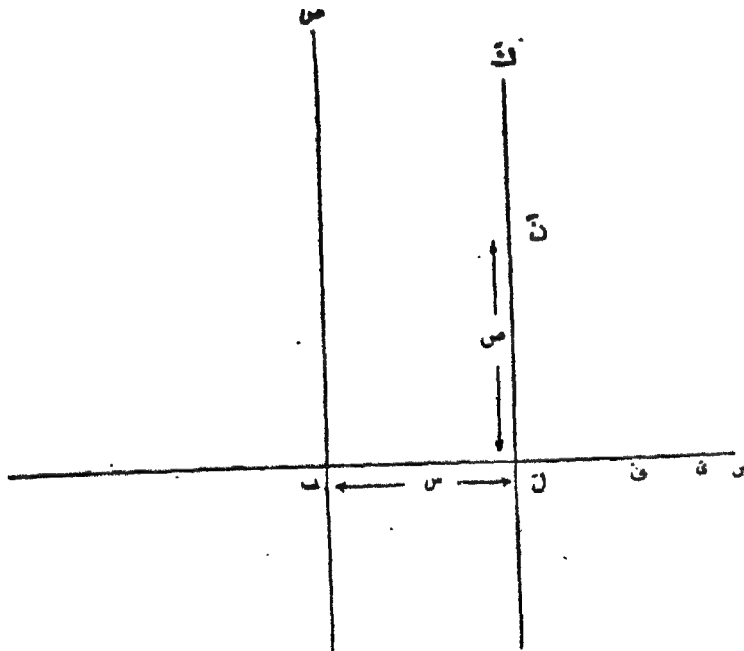
وواضح أن خط الاستواء يسقط على الخريطة عموديا على ب ص عند نقطة ب أي ب س .

اي خط من خطوط الطول المرسومة على سطح الأرض مثل ق ل الذي يقابل الاستواء عند نقطة ل يسقط على الخريطة عند تقابل مستواه مع مستوى الخريطة . ويكون خط تقابل المستويان موازيا للخط ص .

مسقط خط الطول ق ل يقابل مسقط الاستواء (ب س) عند نقطة ل الواقعة على امتداد الخط م ل . ونفرض أن هذا الخط هو ل ك .

إذا كانت النقطة ن على خط الطول ق ل على سطح الأرض وتقع عند خط العرض ϕ ، فإن مسقطها ن على الخريطة يقع على امتداد الخط م ن ويقع على الخط ل ك .

الخصائص الهندسية للمسقط



شكل ٤٧

بالرجوع الى شكل ٤٦

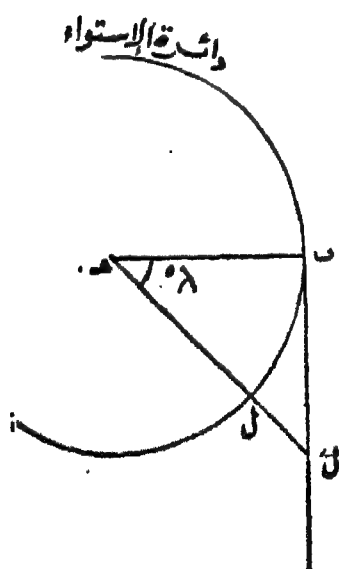
على سطح الخريطة نأخذ محورا للأحداث الخط B و B' وهو ممقط خط طول نقطة للنماس . ونأخذ محورا للسجلات الخط B و B' وهو ممقط خط الاستواء .

يتحدد موقع النقطة ن (وهي نقطة النقطة ن على سطح الأرض والتي تقع على خط الطول الذي يبعد بزاوية طول 8° عن خط التماس ، كما تقع على العرض ϕ) ، بدلالة الاحداثيات :

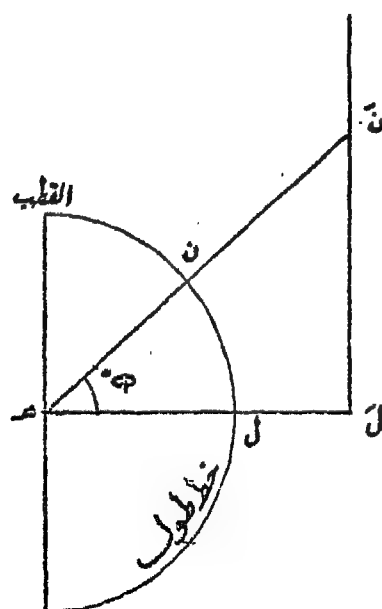
س = ب ل ، ص = ل ن

على الكرة الأرضية زاوية λ هي الزاوية ب م ل

وزاوية ϕ ، ، ن م ل



شکل ۱۹



شکل ۴۸

١ - في المثلث $ب م ل$ القائم عند $ب$
والذي فيه $ب م =$ نصف قطر الأرض $ب م$

$$ب ل = ب م \cos \lambda$$

$$(١) \quad ب م = ب م \cos \lambda$$

$$(٢) \quad \text{كذلك } ب ل = ب م \cos \lambda = ب م \cos \lambda$$

٢ - في المثلث $ن ل م$ القائم عند $ل$

$$ن ل = ب م \cos \phi$$

وبالتعويض عن قيمة $ب ل$ بما يساويها من العلاقة (٢) ينتج أن :

$$(٢) \quad ن ل = ب م \cos \phi = ب م \cos \lambda$$

تعطى المعادلتان (١) ، (٢) موقع النقطة $ن$ على الخريطة .

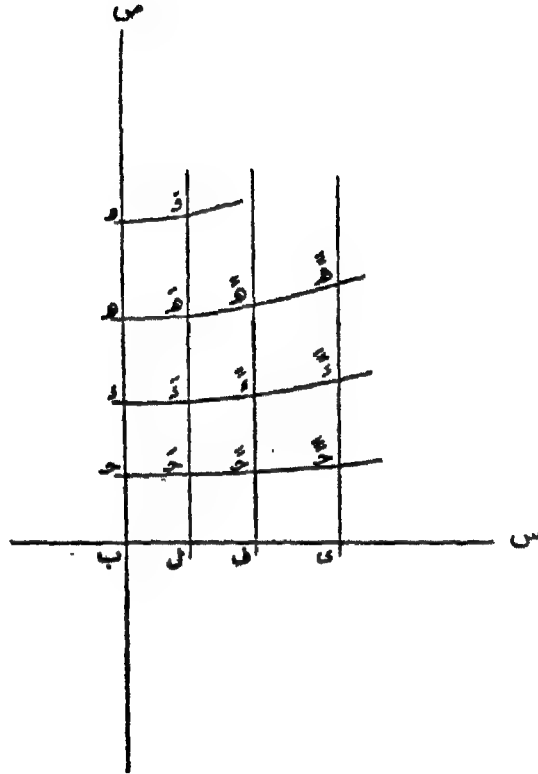
٣ - واضح أن كلا من $س$ ، $ص$ تمثلان قيا أكبر من الأبعاد الأصلية على سطح الأرض . أى أن المقياس على الخريطة يسكون أكبر ويزايد مع الابتعاد عن مركز الخريطة $ب$.

طريقة الإنشاء

١ - نرسم خطين متعامدين الأفقى $ب س$ يمثل الاستواء والرأسى $ب ص$ يمثل خط الطول الأوسط .

٢ - نحدد مواقع النقاط $ل$ ، $ف$ ، $ي$ ، ... على الاستواء التى تمثل تقاطع خطوط الطول . كل نقطة منها تبعد عن مركز الخريطة $ب$ بمسافة $ب م \cos \lambda$ حيث λ هو فرق الطول بين النقطة ومركز الخريطة .

- ٧٥ -



شكل ٥٠

فإذا كانت خطوط الطول ممثلة على المسقط كل ١٠ درجات

$$\text{ب ل} = \text{م} \text{ ظا } ١٠ = ١١٢٣٢٠ \text{ كم}$$

$$\text{ب ف} = \text{م} \text{ ظا } ٢٠ = ٢٣١٨٧٤٩$$

$$\text{ب ي} = \text{م} \text{ ظا } ٣٠ = ٣٦٧٧٧٢$$

٢ — عند النقط ل ، ف ، ي ، ... نرم خطوط مستقيمة موازية لخط الطول الأوسط . هذه الخطوط تمثل خطوط الطول .

٤ — نحدد مواقع النقط ح ، و ، هـ ، على خط الطول الأوسط والتي تمثل تقاطع دوائر العرض . كل نقطة منها تبعد عن مركز الخريطة ب مسافة = نق قاصر ظا ϕ . حيث ϕ هو قيمة العرض .

فإذا كانت خطوط العرض ممثلة على المقياس كل ١٠ درجات

$$\text{ب ح} = \text{نق قاصر ظا } ١٠ = ١١٢٣٠٢٠ \text{ كم}$$

$$\text{ب و} = \text{نق قاصر ظا } ٢٠ = ٢٣١٨٠٤٩ \text{ د}$$

$$\text{ب هـ} = \text{نق قاصر ظا } ٣٠ = ٣٦٧٧٠٧٢ \text{ د}$$

٥ — نحدد مواقع النقط ح' ، و' ، هـ' على خط الطول الذي يمر بنقطة ل

وكذلك مواقع النقط ح'' ، و'' ، هـ'' على خط الطول الذي يمر بنقطة ف

وكذلك مواقع النقط ح''' ، و''' ، هـ''' ... وهكذا

بحيث تبعد كل النقطة عن الاستواء بمسافة = نق قاصر ظا λ ϕ . حيث λ هو فرق الطول بين النقطة وخط الطول الأوسط وحيث ϕ هو قيمة العرض .

وبذلك نحصل على الأبعاد الآتية :

$$\text{ل ح}'' = \text{نق قاصر ظا } ١٠ \quad \text{ظا } ١٠ = ١١٤٠٠٥٢$$

$$\text{ل و}'' = \text{نق قاصر ظا } ١٠ \quad \text{ظا } ٢٠ = ٢٣٥٤٠٢٦$$

$$\text{ل هـ}'' = \text{نق قاصر ظا } ١٠ \quad \text{ظا } ٣٠ = ٣٧٢٤٠٤٦$$

ويكون

$$ف ح' = نق قا ٢٠ ظا ١٠ = ١١٩٥٨٣١$$

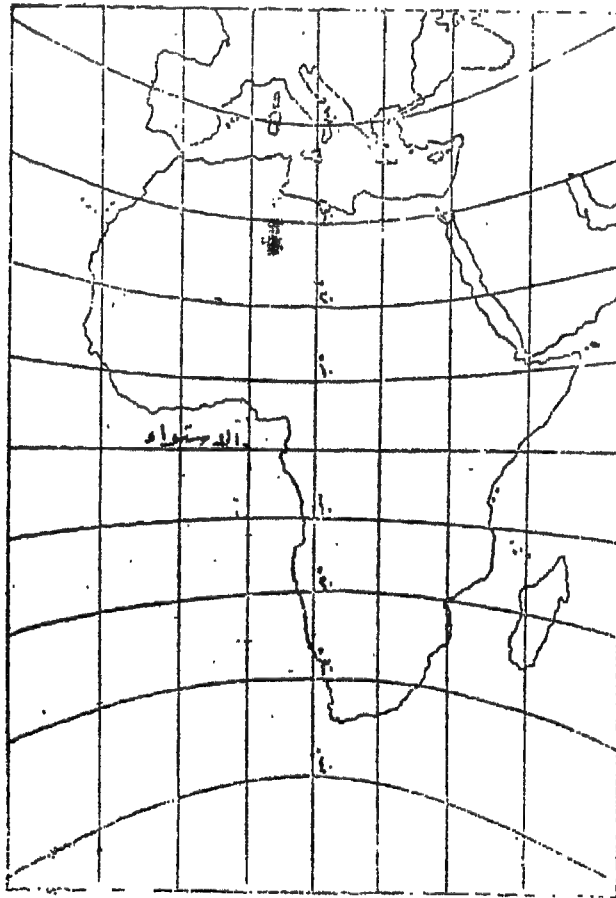
$$ف و' = نق قا ٢٠ ظا ٢٠ = ٢٤٦٧٨٢٩$$

$$ف ه' = نق قا ٢٠ ظا ٣٠ = ٣٩١٣٨٧٥ \dots الخ$$

٦ - كما كان المسقط متماثلا بالنسبة لخط الطول الأول - طر بالنسبة للاستواء ،
لذلك توقع النقاط السابقة في الأرباع الثلاثة الباقية من الخريطة .

٧ - نرسم منحنيات العرض تمر بالنقط المتناظرة على كل خط طول . مثل

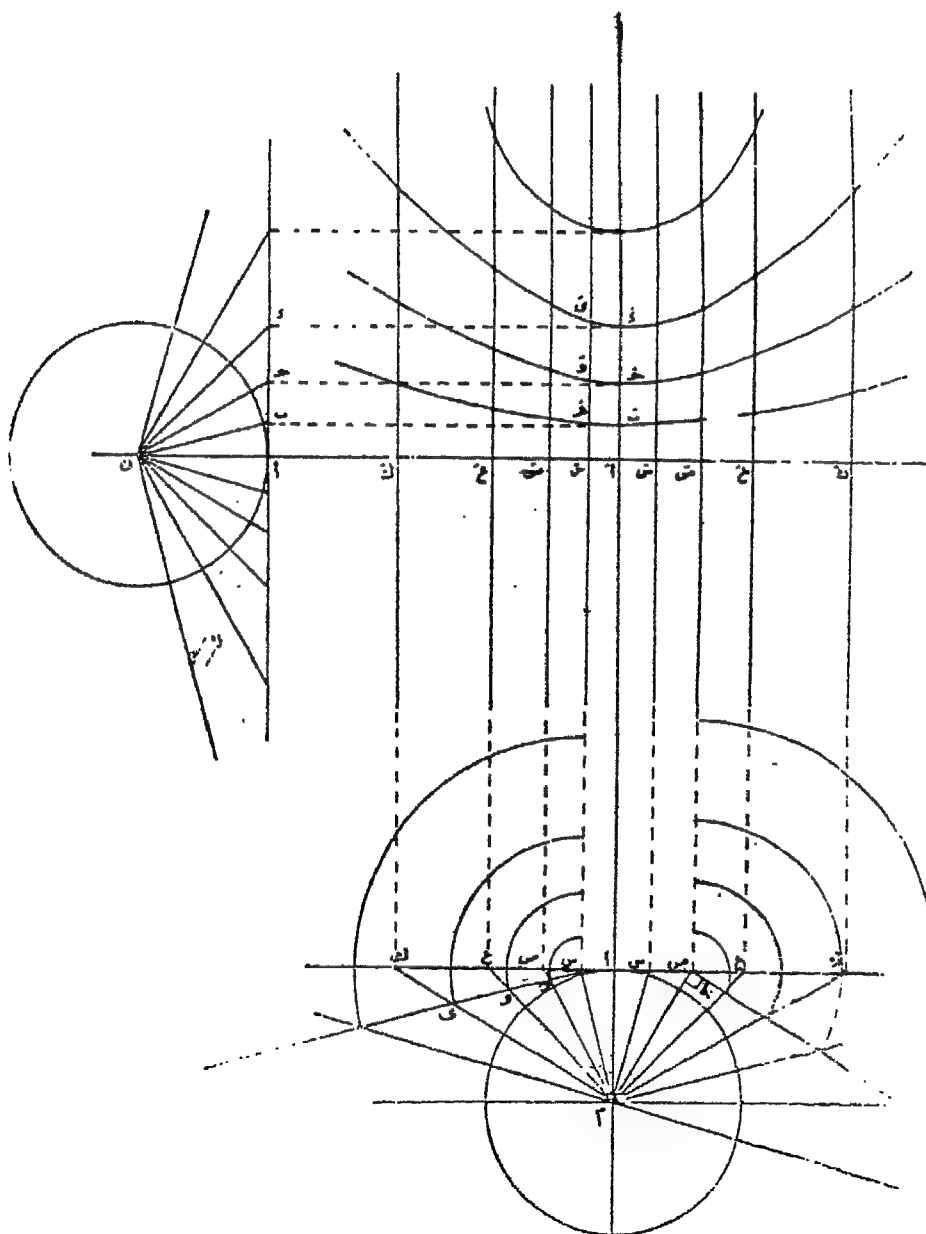
ح ، ح' ، ح'' ، ... وكذلك و' ، و'' ، ...



شكل ٥١

أفريقيا على مركزي استوائى - المركز عند الطول ١٥° شرق

الطريقة البيانية لرسم المسقط المركزي الالة - وائي



شكل ٥٢

طريقة الرسم

١ - نرسم دائرتين متساويتين قطر كل منهما يساوى قطر الأرض تبعاً للقياس المطلوب .

الدائرة التي مركزها م تمثل الاستواء والآخرى ومركزها ن تمثل خط الطول الأوسط .

٢ - نرسم خطاً أفقياً من ن يمثل الاستواء على المستط .

٣ - نرسم خطاً رأسياً من م يمثل خط الطول الأوسط على المستط يقابل الاستواء في نقطة ب .

٤ - نرسم زوايا العرض من المركز ن شمال وجنوب الاستواء ، ونمد أضلاع الزوايا إلى أن تقابل المماس الرأسى للدائرة في هـ ، النقطة ب ، ح ، و . وتكون النقاط المقابلة ب' ، ح' ، و' ، ... على خط الطول الأوسط هي مواقع تقابله مع دوائر العرض .

٥ - نرسم زوايا الطول من المركز م شرق وغرب الطول الأوسط ، ونمد أضلاع الزوايا إلى أن تقابل المماس الأفقى للدائرة م عند النقطة س ، ص ، ع ، وتكون النقاط المقابلة س' ، ص' ، ع' ، ... على الاستواء هي مواقع تقابله مع خطوط الطول .

٦ - نرسم خطوط الطول تمرر بالنقطة س' ، ص' ، ع' ، ... موازية لخط الطول الأوسط .

٧ — لايجاد نقط تقابل دوائر العرض مع خط من خطوط الطول ، وليكن خط الطول الذي يمر بالنقطة س^٢ مثلا : نرسم عند النقطة س خطا عموديا على م س يقابل الخطوط المجرورة م ص ، م ع ، م ل ، ... في النقطة ه ، و ، ي ، ... تكون س ه ، س و ، س ي ، ... هي أبعاد دوائر العرض عن الاستواء .

٨ — على خط الطول الذي يمر بالنقطة س^٢ نحدد المسافات

س^٢ ه^٢ ، س^٢ و^٢ ، س^٢ ي^٢ ، ... مساوية للمسافات

س ه ، س و ، س ي ، ... على الترتيب

٩ — نكرر الخطوتين ٧ ، ٨ مع باقى خطوط الطول ، نحصل على نقط تقابلها مع دوائر العرض المختلفة .

١٠ — نصل بمجموعات النقط المتناظرة لنشكل منحنيات العرض .

ثالثا : المسقط المركزى المنحرف

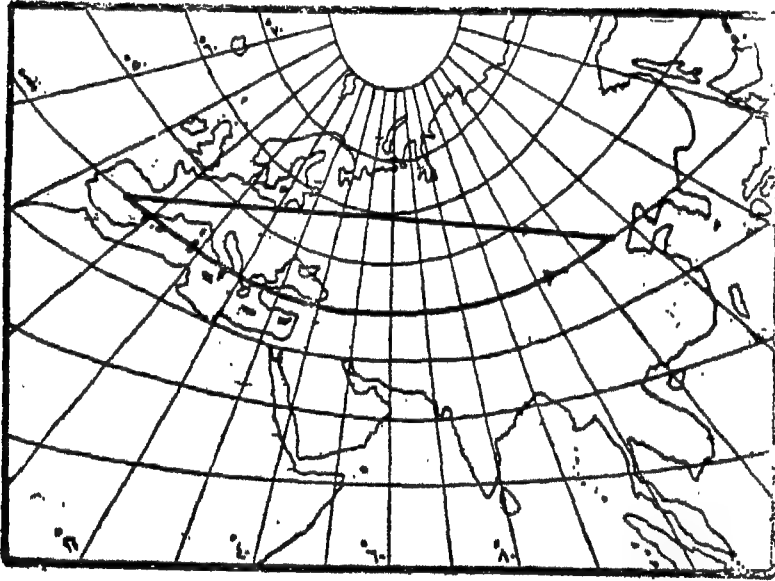
يسمى المسقط المركزى المنحرف بالطريقة الحسابية وذلك للخراائط ذات المقياس الكبير .

وفى هذه الحالة يتم حساب المسافة القوسية (مقسدة بالدرجات) على سطح الأرض من مركز الخريطة إلى جميع المواقع التى تشكل الهيكل الجغرافى للمسقط . كما يتم حساب انحرافات تلك المواقع عن اتجاه الشمال عند مركز الخريطة .

ويتكون الهيكل الجغرافى المطلوب من مساقط تلك النقط . ويعتمد مسقط

كل نقطة عن مركز الخريطة بمسافة تساوى تق طاً (المسافة القوسية مقسومة بالدرجات) ويكون على نفس الانحراف الاصلى على سطح الارض .

ولطول الحسابات الخاصة بهذا المسقط. لا يستخدم إلا قليلاً في الخرائط الجغرافية . ولكنه واجب الاستخدام في الخرائط ذات الاغراض الخاصة مثل خرائط الملاحة البحرية والجوية عندما يلزم التعرف على مسار أقصر الطرق .



شكل ٥٣

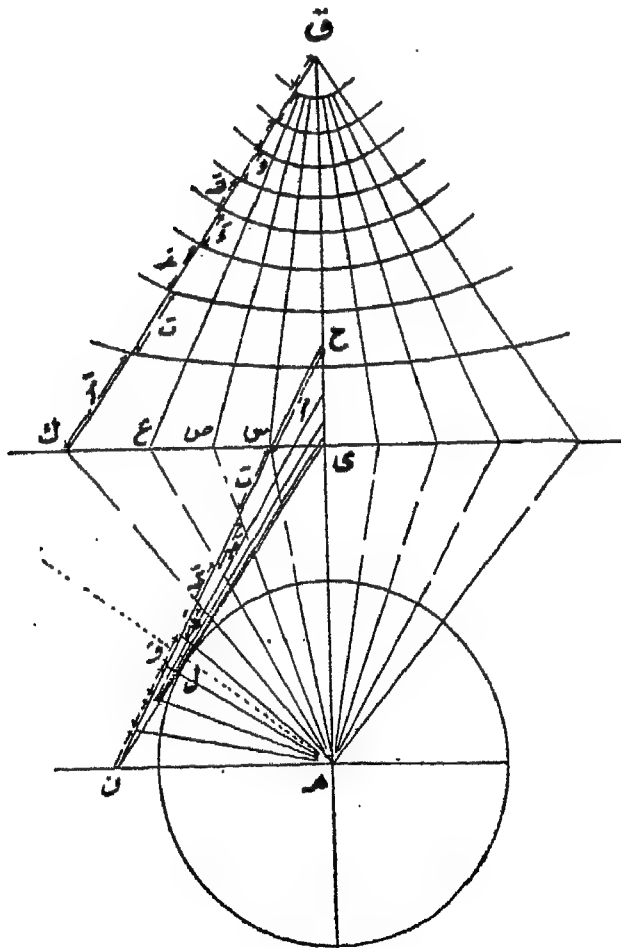
أوروبا وآسيا على مسقط مركزى منحرف
الخط المستقيم بين مدريد وبكين يمثل المسار على الدائرة العظمى
الخط المنحنى بينهما يمثل المسار فى اتجاه الشرق .

وفى نهاية هذا الباب يوجد مثال محسوب لمسقط مركزى منحرف باستخدام

المسافات والاتجاهات على سطح الأرض من مركز الخريطة إلى باقي النقط.
المطلوب بيانها على الميكل الجغرافي .

لرسم المسقط المركزي المنحرف بمقياس صغير تستخدم الطريقة البيانية .

الطريقة البيانية لرسم المخطط المركزي المنحرف



شکل ۴۰

- ١ — نرسم دائرة تمثل الكرة الأرضية تبعاً للقياس المطلوب .
- ٢ — نرسم قطرين متعامدين في الدائرة أحدهما رأسي والآخر أفقي .
- ٣ — عند المركز م نرسم زاوية م — مع القطر الرأسي تساوي زاوية عرض مركز الخريطة . فيقابل ضلع الزاوية محيط الدائرة عند نقطة ل .
- ٤ — نرسم مماساً للدائرة عند ل يقابل امتداد القطر الأفقي عند ن ويقابل امتداد القطر الرأسي عند ي .
- ٥ — نرسم خطاً أفقياً عند ي يمثل خط الاستواء على المسقط .
- ٦ — نمد القطر الرأسي م ي على استقامته إلى نقطة ق بحيث يكون ق ي = ن ي . نقطة ق تمثل القطب على المسقط .
- ٧ — من مركز الدائرة م نرسم زوايا الأطول المطلوبة لليمين ولليسار من القطر الرأسي م ي فتقابل مسقط الاستواء في النقط س ، ص ، ع ، ...
- ٨ — نصل القطب ق بالنقط س ، ص ، ع ... وتصبح تلك الخطوط خطوط الطول .
- ٩ — لإيجاد نقط تقاطع خط طول مثل ق ك مع باقي خطوط العرض، نرسم من النقطة ن مستقيماً ن ح طوله يساوي طول ق ك ويقع طرفه ح على الخط ق ي (خط الطول الأوسط) . يتقاطع الخط ن ح مع خطوط زوايا الطول وهي م س ، م ص ، م ع ، ... في نقط تمثل أبعادها عن نقطة ح (ا ، ب ، ح ، ...) أبعاد خطوط العرض المختلفة عن نقطة ك .
- ١٠ — نكرر الخطوة السابقة (٩) مع باقي خطوط الطول ثم نصل النقط المتناظرة على خطوط الطول فتنتج منحنيات العرض .

٢ — المسقط الاستريوجرافى (الجسم)

فى هذا المسقط الانجماى المنظور يكون مركز الإسقاط عند نهاية القطر الذى يمر بمركز الخريطة . وجميع الدوائر المرصومة على سطح الأرض تسقط الى دوائر على سطح الخريطة فيما عدا تلك الدوائر التى تمر بمركز الإسقاط والتى تسقط الى خطوط مستقيمة .

فى الحالة القطبية تكون جميع خطوط الطول مستقيمة أما دوائر العرض فتسقط الى دوائر .

وفى الحالة الاستوائية تكون جميع خطوط الطول والعرض دوائر ، ما عدا الطول الأوسط والاستواء فهما مستقيمان .

وفى الحالة المنحرفة تكون جميع خطوط الطول والعرض دوائر ، ما عدا الطول الأوسط وخط العرض المار بمركز الإسقاط فهما مستقيمان .

خاصية التشابه

ولو أن المسقط الاستريوجرافى ينتج بطريقة الإسقاط المنظور إلا أنه يحقق خاصية التشابه . فالزاوية على المسقط بين أى خطين تساوى الزاوية الأصلية على سطح الأرض بين الخطين المناظرين . وعلى ذلك تتمتع خطوط الطول والعرض على المسقط مثلاً كانت متعامدة على سطح الأرض ، وكذلك تكون الزوايا على المسقط بين خطوط الطول وبعضها مساوية للزوايا الأصلية المناظرة على سطح الأرض .

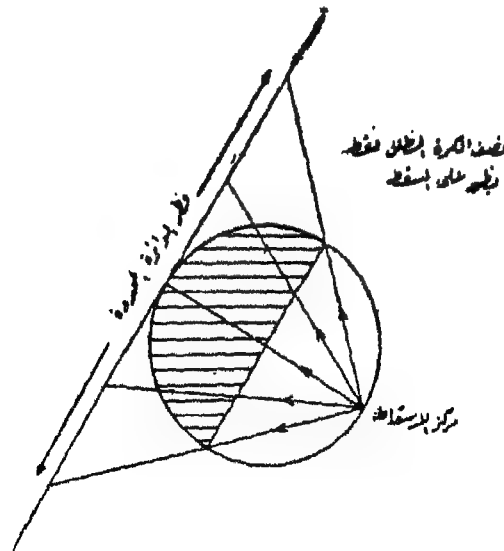
يستخدم المسقط الاستريوجرافى فى الخرائط الفأينكية وذلك لسهولة حل

المسائل بيانياً . والمعروف أن المسار الظاهري اليومي لأي جرم سماوي هو دائرة وعلى ذلك يكون مسقط هذا المسار على الخريطة دائرة . ومن هنا أتبعين - مولة الحل البياني على هذا المسقط .

يستخدم أيضا هذا المسقط في خرائط الملاحة والمساحة للمناطق التي يظهر فيها القطب .

الدائرة المحددة للمسقط.

في المسقط الاستريوجرافي واضح أن المقياس على الخريطة يكون مساوياً للمقياس على سطح الأرض وذلك عند نقطة التماس (مركز الخريطة) ، ويأخذ المقياس على المسقط في السكبر كلما ابتعدنا عن مركز الخريطة . لذلك اتفق على رسم نصف الكرة الأرضية (التي يقع مركز الخريطة عند منتصفها) دون النصف الآخر . ولما كان أي نصف للكرة الأرضية تحده دائرة ، والدائرة على



شكل ٥٥

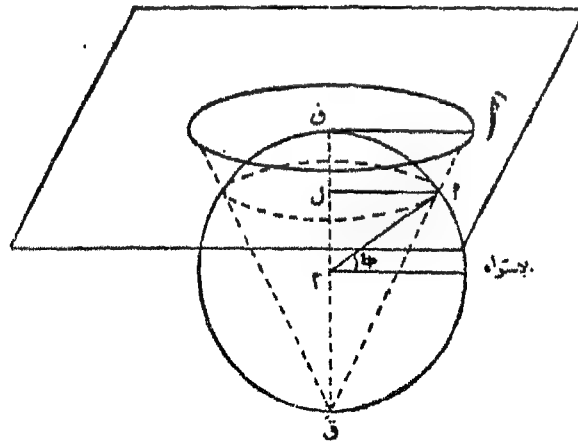
الأرض تمسقط الى دائره على الخريطة ، لذلك يرسم المسقط الاستريوجرافى عادة داخل إطار دائرى يسمى الدائرة المحددة للمسقط .
ويمكن بسهولة بيان أن قطر الدائرة المحددة للمسقط يساوى ضعف قطر الأرض .

وبالطبع يمكن رسم أجزاء من نصف العالم بالمسقط الاستريوجرافى داخل أى إطار .

أولاً : المسقط الاستريوجرافى القطبى

سطح الخريطة يمس سطح الأرض عند نقطة القطب والإسقاط يتم من القطب الآخر بالطريقة المنظورة .

تمسقط خطوط الطول الى خطوط مستقيمة وتكون الزوايا بينها مساوية للزوايا الأصلية بين خطوط الطول عند القطب الأرضى . واضح أيضاً أن دوائر العرض تمسقط الى دوائر مركزها هو نقطة القطب . ولكن تكون انحراف اقطار دوائر العرض على المسقط أكبر من نظيراتها على سطح الأرض .



شكل ٥٦

الخصائص الهندسية للبيكال الجغرافي

١ — خطوط الطول خطوط مستقيمة متلاقية عند القطب ، ودوائر العرض دوائر متحدة المركز عند القطب

٢ — لإيجاد قيمة نصف قطر دائرة العرض ϕ :

في شكل ٥٦ ، م مركز الأرض ، ن نقطة القطب ، ل مركز دائرة العرض ϕ المرسومة على سطح الأرض ، $ا$ مسقط النقطة $ا$ الواقعة على دائرة العرض ϕ ، مركز الاسقاط يقع عند القطب الآخر $ن'$

$$> ل م ا = ٩٠^\circ \phi$$

$$> ل م ا = > م ا ن + > ن ا ن' = > م ا ن' = ٢ > م ا ن'$$

$$\therefore > م ا ن' = \frac{1}{2} (\phi - ٩٠)$$

في المثلث $ن ا ن'$ القائم الزاوية عند $ن$

$$ن ا ن' = ن ن' ظا > ن ا ن'$$

$$\text{نصف القطر المطلوب} = ٢ \text{ ن ن' ظا} \frac{\phi - ٩٠}{٢}$$

٣ — واضح أن المقياس يأخذ في الأكبر كلما ابتعدنا عن نقطة القطب ويكون المقياس أكبر ما يمكن عند الدائرة المحددة للمسقط وهي دائرة الاستواء وتكون قيمة المقياس ٢ .

طريقة الإنشاء

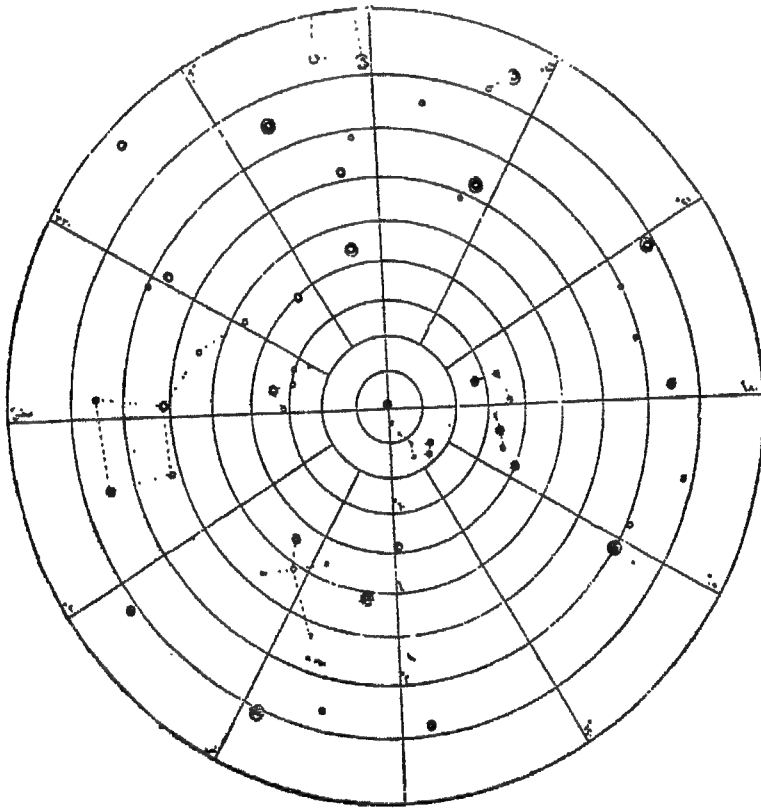
١ — ترسم مجموعة من الخطوط المتقابلة في نقطة تصنع فيما بينها زوايا

مساوية (٣٠° في شكل ٥٧) وهذه تمثل خطوط الطول .

٢ - من نقطة تقابل خطوط الطول (التي تمثل القطب) - مركز - ترسم

دوائر العرض بانصاف اقطار = ٢ نق ظا $\left(\frac{\phi - 90}{2} \right)$ (٢ نق ظاه ٤

٢ نق ظا ٤٠ ، ٢ نق ظا ٣٥ ، ... في شكل ٥٧) . هذه الدوائر تمثل دوائر العرض

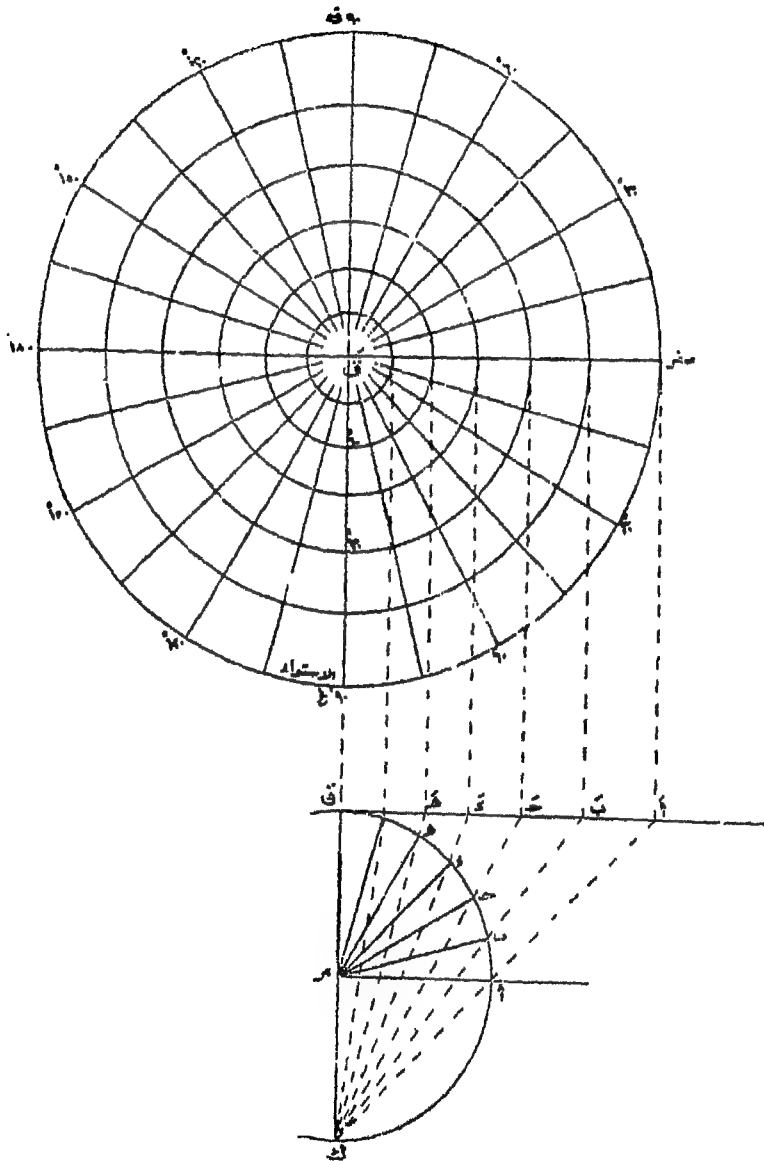


شكل ٥٧

مسقط استريوجرافي قطبي للنجوم الشمالية اللامعة

الدوائر تمثل خطوط الميل وهي تماثل خطوط العرض على الأرض والخطوط المستقيمة تمثل خطوط الزوال السماوية وهي تماثل خطوط الطول على الأرض

الطريقة البيانية لرسم المسقط الاستريوجرافي القطبي



شكل ٥٨

١ - من المركز م نرسم نصف دائرة تمثل خط طول دلي الأرض تبعاً

المقياس المطلوب

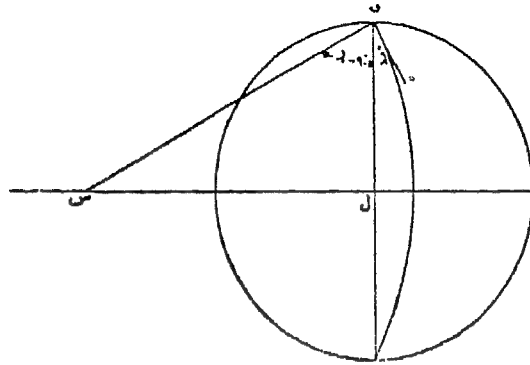
- ٢ - برسم قطر رأسى يمر بالنقطين ه ، ك . ونرسم مماسا للدائرة عند ه
- ٣ - نمد ه على استقامته الى نقطة مثل ه تمثل القطب على المسقط .
- ٤ - عند ه نرسم مجموعة خطوط الطول تصنع فيما بينها الزوايا المطلوبة .
- ٥ - نحدد النقط ا ، ب ، ح ، د ، ... على قوس خط الطول تمثل تقاطعات خطوط العرض المختلفة
- ٦ - نمد الخطوط المستقيمة ك ا ، ك ب ، ك ح ، ... الى أن تقابل المماس عند ه في النقط ا' ، ب' ، ح' ، ... على التوالي .
- ٧ - من المركز ه نرسم دوائر العرض بأصاف أفطار ه ا' ، ه ب' ، ه ح' ... ينتج المسقط المطلوب

ثانيا : المسقط الاستريوجرافى الاستوائى

لانشاء هذا المسقط يتم الاستفادة من الخصائص الهندسية له وهى :

- ١ - خطوط الطول والعرض أقواس دوائر فيما عدا خط الطول الأول وخط الاستواء فهما مستقيمان
- ٢ - على المسقط تمامد خطوط الطول والعرض كما كانت أصلا متعامدة على سطح الأرض .
- وعلى ذلك تتأخص طريقة انشاء المسقط فى إيجاد مواقع مراكز أقواس دوائر الطول والعرض وكذلك فى إيجاد قيم انصاف أفطارها .
- لإيجاد مواقع مراكز أقواس دوائر الطول وانصاف أفطارها

- ٩١ -



شكل ٥٩

- ١ - تقع جميع المراكز على خط الاستواء وامتداده
- ٢ - إذا كانت λ° هي قيمة الزاوية على سطح الأرض بين خط الطول المطلوب رسمه وخط الطول الأوسط فإن الزاوية بين مسقطيهما تكون أيضا λ° . وعلى ذلك يقع المركز المطلوب عند نقطة س على الاستواء حيث :

$$\angle س ل س = 90^\circ - \lambda$$

من المثلث س ق ل ل س = ل ق قتا λ

ل ه يمثل نصف قطر الدائرة المحددة أى قطر الأرض ٢ نق

∴ بعد المركز عن مركز الخريطة = ٢ نق قتا λ

$$٣ - \text{ من المثلث س ل ل ه } س ل = ل ه \text{ قتا } \lambda$$

نصف القطر المطلوب = ٢ نق قتا λ

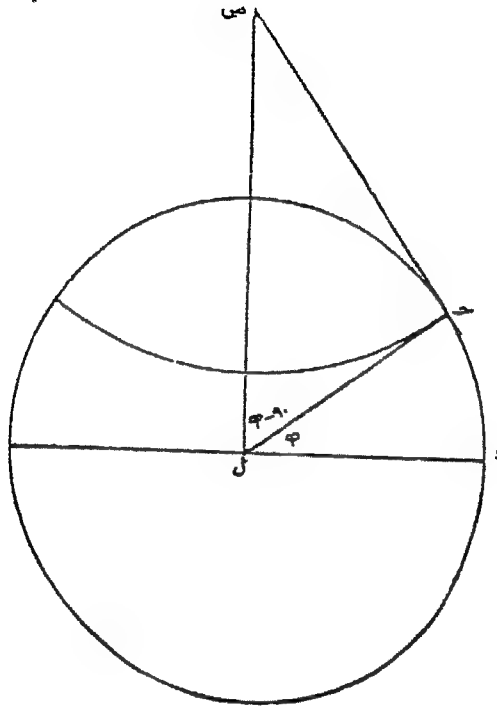
لايجاد مواقع مراكز أفراس دوائر العرض وأنصاف أقطارها

١ - تقع جميع مراكز العرض على امتداد خط الطول الأوسط

٢ - إذا كانت ϕ هي قيمة زاوية دائرة العرض المطلوب رسمها فإن

$$\angle ل ه ل = \phi$$

- ٩٢ -



شكل ٦٠

وعلى ذلك يقع المركز المطلوب عند نقطة ص على امتداد خط الطول الأوسط
ومحيث تكون $\angle > \angle$ فأنه كما كانت أصلا على سطح الأرض .

في المثلث ص ح ل

$$\angle ص = \angle ح قتا \phi$$

بعد المركز المطلوب عن مركز الخريطة = \angle نق قتا ϕ

٣ - في المثلث ص ح ل $\angle ح ص = \angle ح قتا \phi$

نصف القطر المطلوب = \angle نق قتا ϕ

طريقة الانشاء

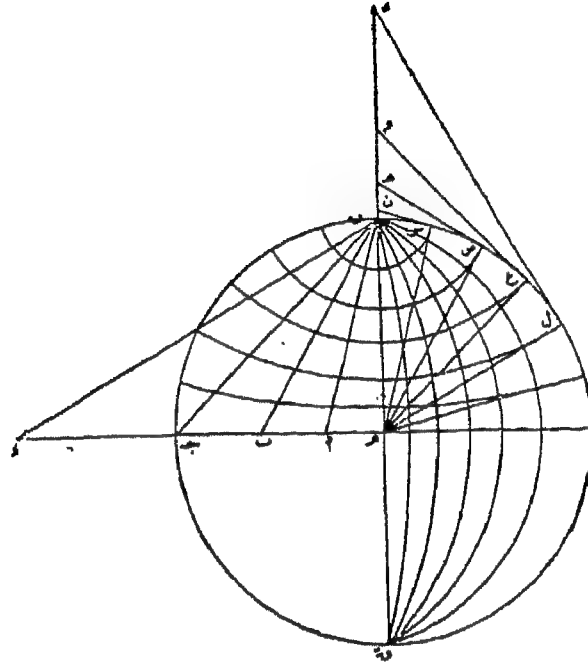
- ١ — ترسم الدائرة المحددة للمسقط بنصف قطر يساوى قطر الارض تبعا للمقياس المطلوب
- ٢ — يرسم قطر رأسى يمثل خط الطول الأوسط وقطر أفقى يمثل الاستواء
- ٣ — تحدد مواقع مراكز أقواس دوائر خطوط الطول على خط الاستواء وامتداده بحيث تبعد عن مركز الدائرة المحددة بمسافات تساوى ٢ نق ظنا λ
- ٤ — من كل مركز يرسم قوس دائرة بنصف قطر يساوى ٢ نق ظنا λ
- ٥ — توضع مراكز أقواس دوائر العرض على امتداد خط الطول الأوسط بحيث تبعد عن مركز الدائرة المحددة بمسافات تساوى ٢ نق ظنا ϕ
- ٦ — من كل مركز يرسم قوس دائرة بنصف قطر يساوى ٢ نق ظنا ϕ

الطريقة البيانية لرسم المسقط الاسترئوجرافى الاستوائى

- ١ — من المركز م ترسم الدائرة المحددة للمسقط بنصف قطر يساوى قطر الارض .

- ٢ — يرسم قطر أفقى يمثل الاستواء وقطر رأسى يمثل خط الطول الأوسط الذى يقابل الدائرة المحددة فى نقطتي القطبين $ن$ ، $ن'$.

- ٣ — عند م ترسم الزوايا $م ن ا$ ، $م ن ب$ ، $م ن ج$ ، ... بحيث تقسم $ا$ ، $ب$ ، $ج$ ، ... على الاستواء وامتداده بحيث تكون تلك الزوايا مساوية لمتجهات زوايا الطول المطلوبة .



شكل ٦١

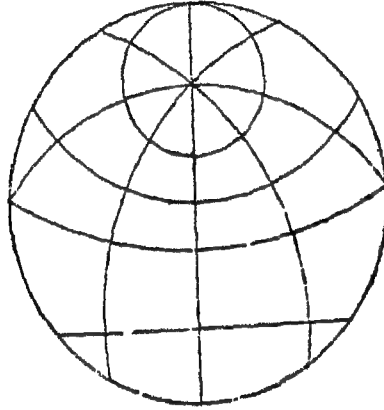
٥ - ترسم أقواس دوائر الطول من المركز ' ا ' ، ب ، ج ، د ، ...
بأنصاف أقطار ' ا ' ، ب ، ج ، د ،

٥ - يقسم محيط الدائرة المحددة للسقط إلى أقسام متساوية في النقط
س ، ص ، ع ، ... و تصل م س ، م ص ، م ع ،

٦ - ترسم مماسات للدائرة المحددة عند س ، ص ، ع ، ... تقابل امتداد
خط الطول الأوسط في النقط ن ، ه ، و ،

٧ - ترسم أقواس دوائر العرض من المراكز ن ، ه ، و ، ... بأنصاف
أقطار ن س ، ه ص ، و ع ،

ثالثاً : المسقط الاستريوجرافي المنحرف



شكل ٦٢

الهيكـل الجغرافي لمسقط استريوجرافي منحرف
مركزه عند العرض ٣٠° شمال

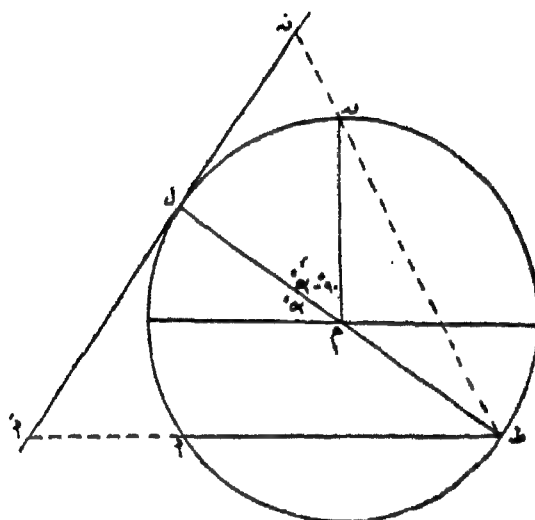
لإنشاء المسقط الاستريوجرافي المنحرف يتم الاستفادة من الخصائص الهندسية للمسقط والتي سبق ذكرها في الحالات القطبية والاستوائية .

في هذه الحالة يظهر خط الطول الأوسط خطاً مستقيماً ، كما يظهر خط العرض الذي يمر بمركز الإسقاط خطاً مستقيماً عمودياً على خط الطول الأوسط .

تقع مراكز أقواس دوائر العرض على خط الطول الأوسط وامتداده —
وتقع مراكز أقواس دوائر الطول على المستقيم الذي يمثل خط عرض مركز الإسقاط .

وهل ذلك تناقض طريقة إنشاء المسقط في إيجاد مواقع مراكز أقواس دوائر العرض والطول وكذلك في إيجاد قيم انحناء أقطارها .

حساب الأبعاد على المسقط



شکل ۶۳

١ - نفرض أن سطح الخريطة يمس سطح الأرض عند نقطة ل الواقعة عند العرض α (شمال أو جنوب) .

في هذه الحالة يكون مركز الإسقاط عند نهاية القطر l م أي عند نقطة ط الواقعة عند العرض α من النصف الآخر من الكرة الأرضية (جنوب أو شمال)

ط ل يكون عمودها على سطح الخريطة وطوله يساوى قطر الارض = ٢٠٠٠

٢ — يكون مسقط القطب على الخريطة عند النقطة u الواقعة عند تلاقي امتداد p و u ومساح الخريطة .

$$(a - 10)^{\frac{1}{4}} = 0.7 > \frac{1}{4} = 0.25$$

- ٩٧ -

$$\frac{ل' ح'}{ل ط} = ظا > ل ط ح'$$

$$ل ح' = ل ط ظا > ل ط ح' = ٢ نق ظا \frac{1}{٢} (٩٠ - \alpha)$$

٢ نق ظا (٤٥ - $\frac{\alpha}{٢}$) أى أن نقطة القطب ح' على الخريطة تقع على خط الطول

الآوسط وعلى بعد من مركز الخريطة ل بمسافة ٢ نق ظا $\frac{1}{٢} (٩٠ - \alpha)$.

٢ - خط عرض مركز الإسقاط ط يستقط على الخريطة عموديا على خط الطول الآوسط ويقطعه عند نقطة أ'

$$\alpha = ل ط ح' >$$

$$\frac{ل' أ'}{ل ط} = ظا > ل ط أ'$$

$$ل أ' = ل ط ظا > ل ط أ' = ٢ نق ظا \alpha$$

أى أن خط عرض مركز الإسقاط يبعد عن مركز الخريطة بمسافة ٢ نق ظا α .

٤ - على المستقط يبعد القطب عن خط عرض مركز الإسقاط بمسافة ل ح' -

$$ل أ' = ل ح' + ل ط ح' = ٢ نق ظا \alpha + ٢ نق ظا (٤٥ - \frac{\alpha}{٢})$$

- ٩٨ -

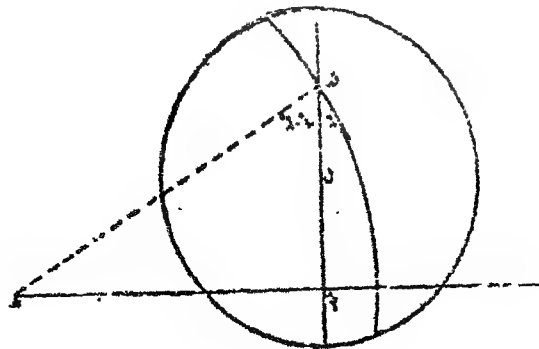
$$= ٢ \text{ نق} \left(\frac{\frac{\alpha}{٢} \text{ ظا} - ١}{\frac{\alpha}{٢} \text{ ظا} + ١} + \frac{\frac{\alpha}{٢} \text{ ظا} ٢}{\frac{\alpha}{٢} \text{ ظا} - ١} \right)$$

$$= ٢ \text{ نق} \left(\frac{\frac{\alpha}{٢} \text{ ظا} ٢ + \frac{\alpha}{٢} \text{ ظا} ٢ - ١ + \frac{\alpha}{٢} \text{ ظا} ٢}{\frac{\alpha}{٢} \text{ ظا} - ١} \right)$$

$$= ٢ \text{ نق} \frac{\frac{\alpha}{٢} \text{ ظا} ٢ + ١}{\frac{\alpha}{٢} \text{ ظا} - ١} = ٢ \text{ نق} \frac{\frac{\alpha}{٢} \text{ جتا} ٢ + \frac{\alpha}{٢} \text{ جتا} ٢}{\frac{\alpha}{٢} \text{ جتا} - \frac{\alpha}{٢} \text{ جتا} ٢}$$

$$١ \text{ ص} = ٢ \text{ نق} \times \frac{١}{\text{جتا} \alpha} = ٢ \text{ نق} \text{ قا} \alpha$$

لإيجاد مواقع مراكز أقواس دوائر الطول وانصاف أقطارها



شكل ٦٤

١ - إذا كانت λ هي قيمة الزاوية على سطح الأرض بين خط الطول المطلوب رسمه وخط الطول الأوسط ، فإن الزاوية بين مسطبيها تكون أيضا λ

وعلى ذلك يقع المركز المطلوب عند النقطة هـ حيث

$$\angle \text{هـ} = 90^\circ - \lambda$$

$$\sin \lambda = \frac{\text{هـ}}{\text{ا}}$$

$$\text{هـ} = \text{ا} \sin \lambda = \text{ب} \sin \lambda$$

أى أن المركز يبعد عن خط الطول الأوسط بمسافة $\text{ب} \sin \lambda$

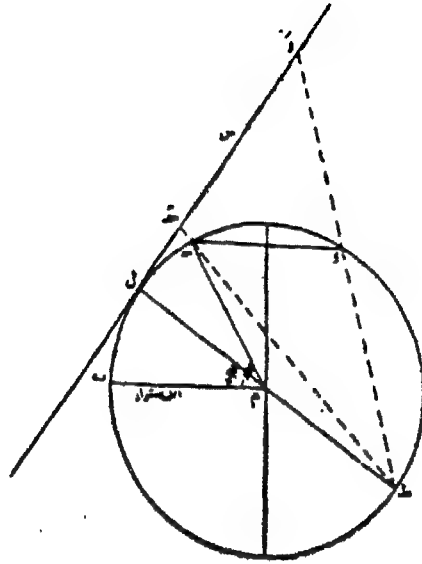
$$\sin \lambda = \frac{\text{هـ}}{\text{ب}} \quad \text{ب} = \frac{\text{هـ}}{\sin \lambda}$$

$$\text{هـ} = \text{ب} \sin \lambda = \text{ب} \sin \lambda$$

أى أن نصف القطر المطلوب يساوى $\text{ب} \sin \lambda$

٢ - إيجاد مواقع مراكز أقواس دوائر العرض وأصاف أقطارها

١ - إذا كانت حـ ، و نقطتي تقاطع دائرة العرض ϕ مع خط الطول الأوسط على سطح الأرض فإن حـ ، و هما نقطتا تلاقي امتدادى ط حـ ، و مع الخريطة ، ثـ لان أقرب وأبعد نقطتين من مركز الخريطة ل وذلك بالنسبة لمحيط هذه الدائرة على المستقط .



شکل ۶۵

ونسكون نقطة من الواقعة عند منتصف المسافة بين H ، و K هي مركز دائرة المرض ϕ - كما يكون من ϕ نصف قطر هذه الدائرة .

٢ - $\angle م.ب =$ زاوية عرض مركز الخريطة α

$\phi =$ زاوية عرض الدائرة المطلوب رسمها ϕ

$$\alpha - \phi = \gamma \mu \lambda \gamma.$$

$$(a - \phi)^{\frac{1}{r}} = a \cdot b \cdot c$$

$$\phi - 180^\circ \equiv \phi \pmod{360^\circ}$$

$$(\alpha + \phi) - 1\lambda = \alpha - \phi - 1\lambda = s \text{ } \downarrow >$$

$$[(\alpha + \varphi) - 180] \frac{1}{r} = \omega \cdot \frac{1}{r} >$$

$$(a + \phi)^{\frac{1}{r}} - 1. =$$

- ۱۰۱ -

$$\frac{\text{ل ح}'}{\text{ل ط}} = \text{ظا} > \text{ل ط ح}'$$

$$\text{ل ح}' = \text{ل ط} \times \text{ظا} > \text{ل ط ح}'$$

$$= ۲ \text{ نق ظا} \frac{1}{۲} (\alpha - \phi)$$

$$\frac{\text{ل و}'}{\text{ل ط}} = \text{ظا} > \text{ل ط و}'$$

$$\text{ل و}' = \text{ل ط ظا} > \text{ل ط و}' = ۲ \text{ نق ظتا} \frac{1}{۲} (\alpha + \phi)$$

$$= \frac{\text{ل و}' + \text{ل ح}'}{۲} = \text{ل س} - ۴$$

$$= \text{نق} [\text{ظا} \frac{1}{۲} (\alpha - \phi) + \text{ظتا} \frac{1}{۲} (\alpha + \phi)]$$

$$= \text{نق} \left[\frac{(\alpha + \phi) \frac{1}{۲} \text{جا}}{(\alpha + \phi) \frac{1}{۲} \text{جا}} + \frac{(\alpha - \phi) \frac{1}{۲} \text{جا}}{(\alpha - \phi) \frac{1}{۲} \text{جا}} \right]$$

$$= \text{نق} \left[\frac{(\alpha + \phi) \frac{1}{۲} \text{جا} (\alpha - \phi) \frac{1}{۲} \text{جا} + (\alpha + \phi) \frac{1}{۲} \text{جا} (\alpha - \phi) \frac{1}{۲} \text{جا}}{(\alpha + \phi) \frac{1}{۲} \text{جا} (\alpha - \phi) \frac{1}{۲} \text{جا}} \right]$$

$$= \frac{۲ \text{ نق جتا } \alpha}{\phi \text{ جا} + \alpha \text{ جا}}$$

— ١٠٢ —

أى أن مركز قوس دائرة العرض ϕ يقع على خط الطول الأوسط ويبعد

$$\frac{\text{جتا } \alpha}{\text{جا } \alpha + \text{جا } \phi} \text{ نق } 2$$

$$\frac{\text{ل } \omega' - \text{ل } \omega}{2} = \text{س } \omega' - \text{س } \omega$$

$$= \text{نق } [\text{ظتا } \frac{1}{2} (\alpha + \phi) - \text{ظتا } \frac{1}{2} (\alpha - \phi)]$$

$$= \text{نق } \left[\frac{(\alpha - \phi) \frac{1}{2} \text{جا}}{(\alpha - \phi) \frac{1}{2} \text{جتا}} - \frac{(\alpha + \phi) \frac{1}{2} \text{جتا}}{(\alpha + \phi) \frac{1}{2} \text{جا}} \right]$$

$$= \text{نق } \left[\frac{(\alpha - \phi) \frac{1}{2} \text{جا} (\alpha + \phi) \frac{1}{2} \text{جا} - (\alpha - \phi) \frac{1}{2} \text{جتا} (\alpha + \phi) \frac{1}{2} \text{جتا}}{(\alpha - \phi) \frac{1}{2} \text{جتا} (\alpha + \phi) \frac{1}{2} \text{جا}} \right]$$

$$= \text{نق } 2 \frac{\text{جتا } \psi}{\text{جا } \alpha + \text{جا } \phi}$$

$$\frac{\text{جتا } \phi}{\text{جا } \alpha + \text{جا } \phi} \text{ أى أن نصف قطر قوس دائرة العرض } \phi \text{ يساى } 2 \text{ نق } \frac{\text{جتا } \phi}{\text{جا } \alpha + \text{جا } \phi}$$

مثال

مسقط استريوجرافى منحرف مركزه عند العرض 30° شمال ؛ المقياس

١ : ٥٠ مليون مع بيان خطوط الطول والعرض كل 10° .

- ١٠٢ -

١ - نق = ١٢٧٤ سم

٢ - نصف قطر الدائرة المحددة بالسقط ٢ نق = ٢٥١٨ سم

٣ - بعد نقطة القطب ن عن مركز الخريطة ل = ٢ نق ظا (٤٥ - ٣٠)

= ١٤٧١١ سم

٤ - بعد خط العرض ٣٠ جنوب عن مركز الخريطة = ٢ نق ظا ٣٠

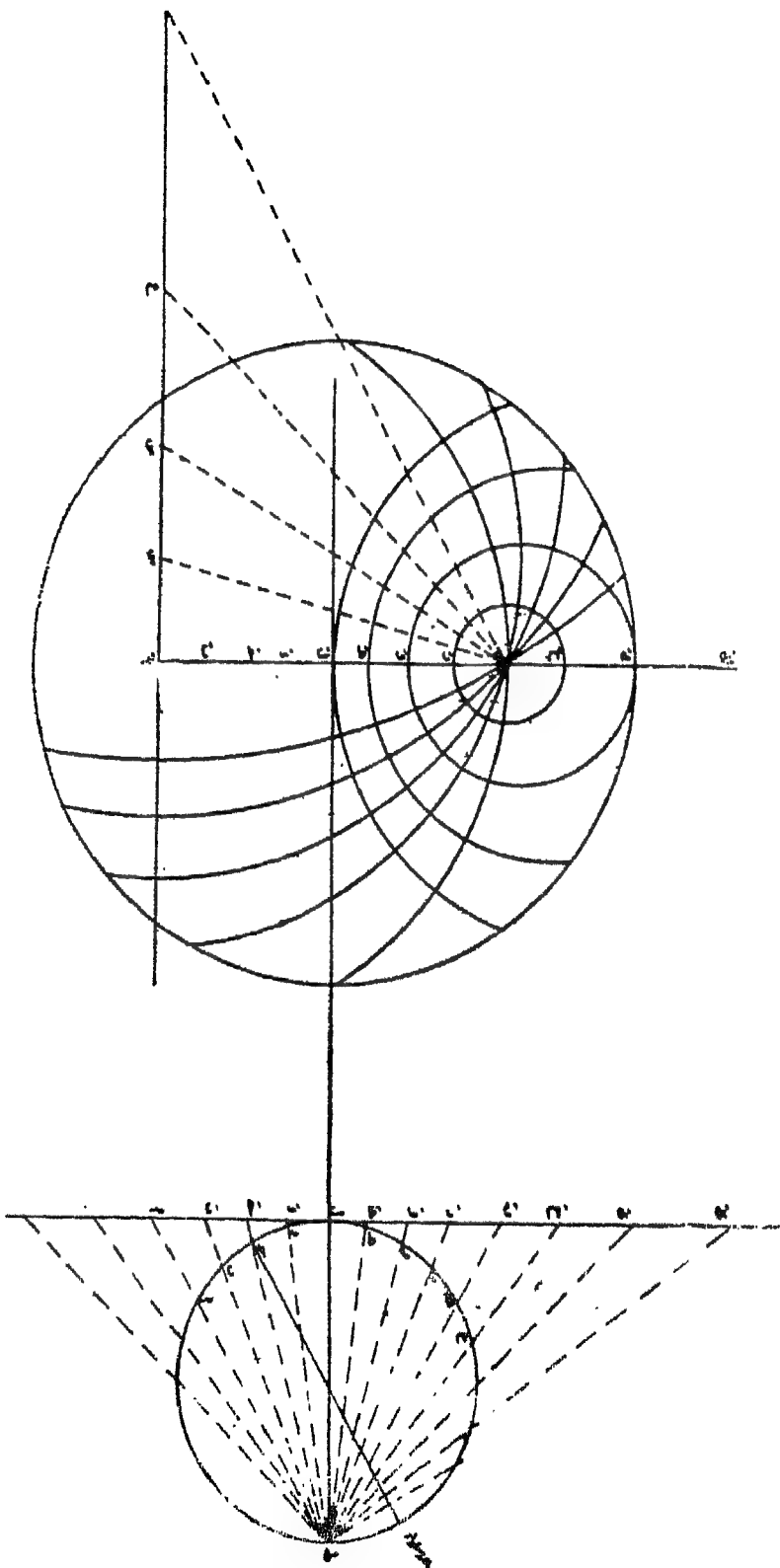
= ١٤٧١١ سم

٥ - أفواس دوائر الطول

λ	بعد مركز الدائرة عن خط الطول الأوسط ٢ نق قا ٣٠ ظنا λ	قيمة نصف القطر ٢ نق قا ٣٠ قتا λ
° ١٥	١٠٩٨٠٤ سم	١١٣٦٧٧ سم
° ٣٠	٥٠٢٩٦٠	٥٨٢٨٤٤
° ٤٥	٢٩٤٢١	٤١٢٦٠٩
° ٦٠	١٦٢٩٨٧	٢٣٢٩٧٣
° ٧٥	٧٢٨٨٣	٣٠٢٤٦٠
° ٩٠	صفر	٢٩٢٤٦٢

٦ - أقواس دوائر العرض

قيمة نصف القطر $\frac{2 \text{ نق حـ} \phi}{\phi \text{ حـ} + 30}$	بعد مركز الدائرة عن مركز الخريطة ل $\frac{2 \text{ نق جـ} 30}{\phi \text{ حـ} + 30}$	ϕ
سم ٤٣٥٠٠	سم ١٥٣٠٠٣	٧٥° ش
٩٣٣٦	١٦٣١٥٤	٦٠° ش
١٤٣٩٢٦	١٨٣٢٨٠	٤٥° ش
٢٢٣٠٦٦	٢٢٣٠٦٦	٣٠° ش
٣٢٣٤٣٤	٢٩٣٠٨٠	١٥° ش
٥٠٣٩٦٠	٤٤٣١٣٣	الاستواء
١٠٢٣٥٤٧	٩١٣٤٩٣	١٥° حـ
خط مستقيم يبعد عن مركز الخريطة بمسافة ١٤٣٧١١ سم (خطوة ٣)		٣٠° حـ
٨٦٣٩٩٤	١٠٦٣٥٤٦	٤٥° حـ



طريقة الرسم

- ١ — ترسم دائرة تمثل خط الطول الأوسط على سطح الأرض .
- ٢ — يرسم ط ل قطر أفقيا في الدائرة . ط تمثل مركز الاسقاط ، ل تمثل مركز الخريطة . وعند ل يرسم مماس للدائرة يمثل خط الطول الأوسط في المسقط
- ٣ — يرسم قطر آخر في الدائرة يصنع مع القطر ط ل زاوية تساوى زاوية عرض مركز الخريطة . هذا القطر يمثل الاستواء .
ويعين القطبين على محيط الدائرة .
- ٤ — نحدد النقط ا ، ب ، ج ، د ، هـ ، ... على محيط الدائرة ، تمثل تقاطعات خطوط العرض المختلفة مع خط الطول الأوسط .
- ٥ — نمد المستقيمات ط ا ، ط ب ، ط ج ، ط د ، ط هـ ، ... على استقامتها حتى تقابل المماس عند ل في النقط ا' ، ب' ، ج' ، د' ، هـ' ، ... على التوالي
- ٦ — نحدد ط ل على استقامته الى ل' . ومن المركز ل' نرسم الدائرة المحددة للمسقط بنصف قطر يساوى قطر الدائرة الأرضية ط ل .
- ٧ — نرم قطرا رأسيا في الدائرة المحددة للمسقط يمثل خط الطول الأوسط
- ٨ — على خط الطول الأوسط في المسقط نحدد مواقع النقط ا' ، ب' ، ج' ، د' ، هـ' ، ... السابق الحصول عليها في الخطوة (٥)
- ٩ — عند ا' نرم مستقيما عموديا على خط الطول الأوسط يمثل دائرة عرض مركز الاسقاط ط ويكون هـ أيضا المحل الهندسي لمراكز أقطاب واس

١٠ — على المحل الهندسى السابق، نحدد مراكز الاقواس المطلوبة هندس
س، ص، ع... بحيث تكون الزوايا $\angle ق س، \angle ق ص، \angle ق ع، ...$
مساوية لمتجهات زوايا الطول المطلوبة. ومن س، ص، ع، ... نرسم الاقواس
المطلوبة بأصاف أقطار س ق، ص ق، ع ق، ...

١١ — نرسم دوائر المرص بحيث تكون أزواج النقط المتناظرة على
خط الطول الاوسط أقطاراً فيها. مثل ج ر، د و، هـ هـ، ...

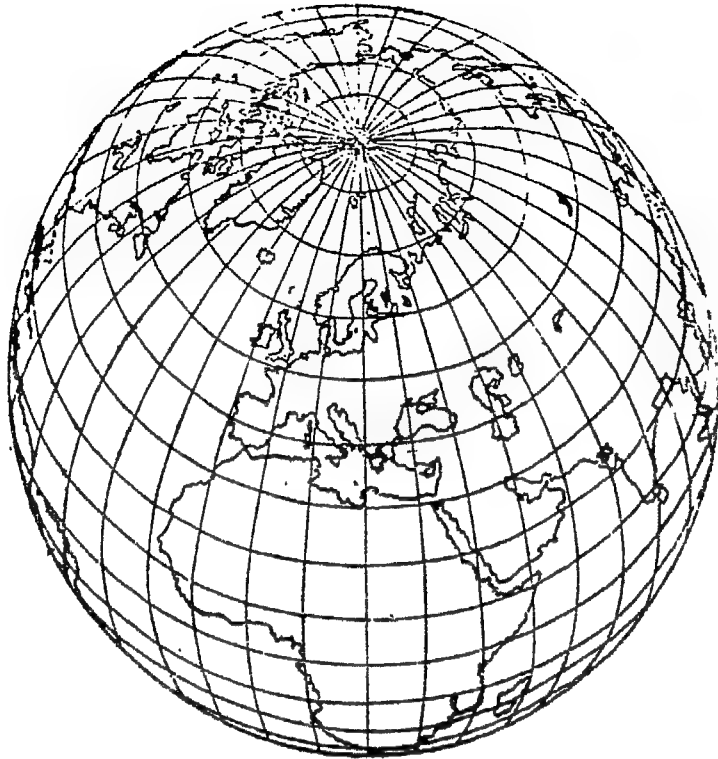
المسقط الاستريوجرافى المنحرف بمقياس كبير

فى نهاية هذا الباب يوجد مثال محسوب لمسقط استريوجرافى منحرف
بإستخدام المسافات والاتجاهات على سطح الأرض بين مركز الخريطة وباقى
النقط المطلوب بيانها على الهيكل الجغرافى.

٢ — المسقط الاورثوجرافى

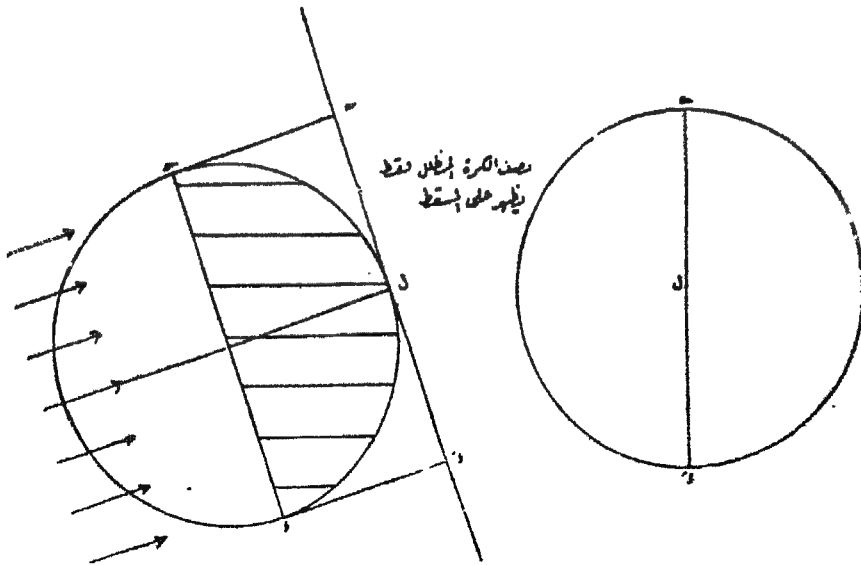
فى هذا المسقط الاتجاهى المنظور تكون أشعة الإسقاط متوازية وعمودية
على سطح الخريطة.

وبصفة عامة، أى دائرة مرسومة على سطح الأرض تسقط الى قطع ناقص
سطح الخريطة إلا اذا كان مستوى تلك الدائرة عمودياً على أشعة الإسقاط.
وعندئذ تسقط تلك الدائرة الى دائرة مساوية لها تماماً. كما وأنه إذا كان مستوى
تلك الدائرة يوازى أشعة الإسقاط فعندئذ تسقط الدائرة الى خط مستقيم
طوله يساوى قطر الدائرة.



شکل ۶۷

مستطیل اوردو جغرافی مرکزہ (عرض ۳۰ شمال، طول ۲۰ شرقی)



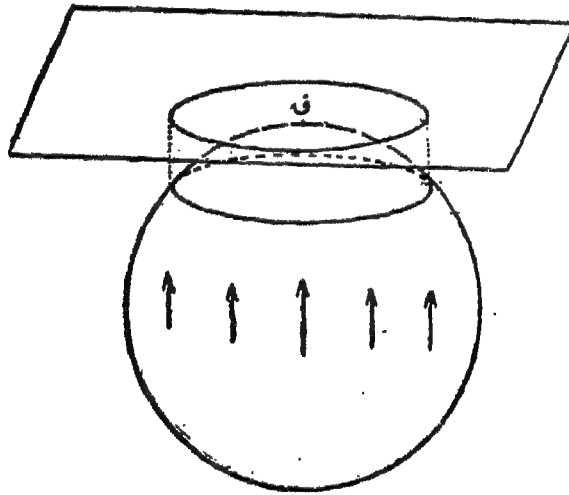
شکل ۶۸

الدائرة المحددة للمسقط

على المسقط الاورثوجرافي لا يمكن بيان سوى نصف الكرة الأرضية الذي يتوسطه مركز الخريطة ل ، وهذا النصف يحده على سطح الأرض دائرة عظمى يكون مستواها عموديا على مسار أشعة الإسقاط . ولذلك تسقط هذه الدائرة العظمى الى دائرة مساوية تماما وتسمى الدائرة المحددة للمسقط .

أولا : المسقط الاورثوجرافي القطبي

سطح الخريطة يمس سطح الأرض عند نقطة القطب . وأشعة الإسقاط تكون موازية لمحور دوران الأرض .



شكل ٦٩

تسقط خطوط الطول الى خطوط مستقيمة وتكون الزوايا بينها مساوية للزوايا الأصلية بين خطوط الطول عند القطب الأرضي .

واضح أن دوائر العرض تسقط الى دوائر مساوية تماما للدوائر الأصلية على سطح الأرض ويكون مركزها عند نقطة القطب .

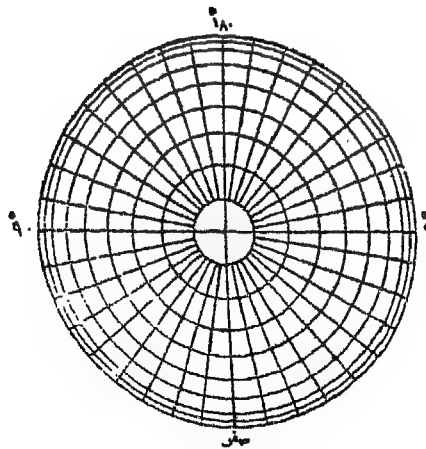
نصف قطر دائرة العرض ϕ على الأرض = ϕ نق حتا

طريقة الإنشاء

١ - ترسم مجموعة من الخطوط المتقابلة في نقطة تصنع فيها بينها زوايا متساوية (١٠° في شكل ٧٠) . هذه تمثل خطوط الطول .

٢ - من نقطة تقابل خطوط الطول (التي تمثل القطب) كمركز - ترسم دوائر العرض بانصاف أقطار تساوى ϕ نق حتا (نق حتا ٨٠° ، نق حتا ٧٠° ، نق حتا ٦٠° ، ... في شكل ٧٠)

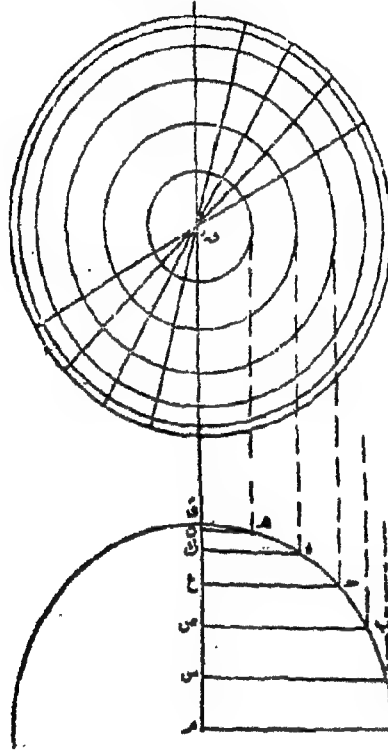
هذه الدوائر تمثل دوائر العرض



شكل ٧٠

المخطط الجغرافي لمسقط اردنوجرافي قطبي

الطريقة البيانية لرسم المسقط الارثو جرافي القطبي



شكل ٧١

طريقة الرسم

- ١ - من المركز م ترسم دائرة تمثل الأرض (شكل ٧١)
- ٢ - يرسم قطر أفقى يمثل الاستواء وقطر رأسى يمر بالقطب ق
- ٣ - يقسم محيط الدائرة الى أقسام متساوية عند النقط ١ ، ب ، ج ، د ...
- ٤ - تسقط أعمدة من النقط ١ ، ب ، ج ، د ... على القطر الرأسى لتقابلها فى س ، ص ، ع ، هـ ...

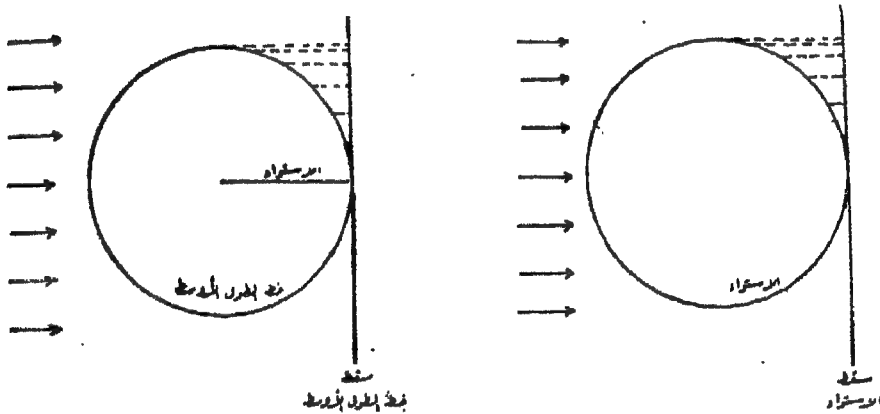
- ١١٤ -

٥ - من نقطة مثل ق على الخريطة ترسم مجموعة خطوط الطول المصنع فيما بينها زوايا متساوية

٦ - من المركز ترسم دوائر الأرض بأنصاف أقطار تساوى من أ ب ، ج ، د ، ...

ثانياً : المسقط الاورثوجرافى الاستوائى

سطح الخريطة يمس سطح الأرض عند خط الاستواء وأشعة الإسقاط تكون موازية لمستوى الاستواء



شكل ٧٢

تظهر خطوط الأرض على المسقط خطوطاً مستقيمة متوازية وتباعد عن الاستواء بنفس المسافات التي تباعد بها مستوياتها عن مستوى الاستواء على الأرض .

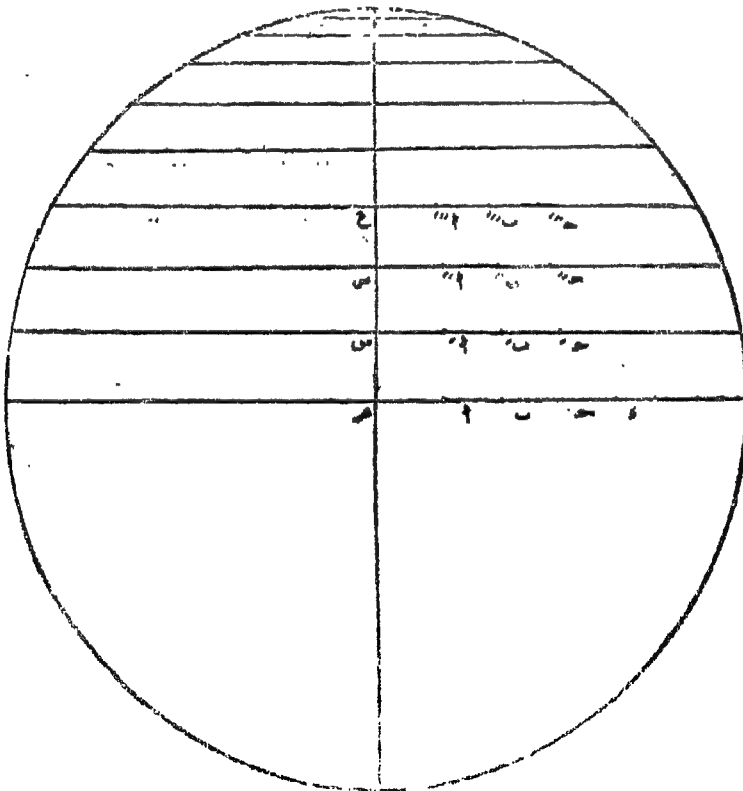
وبخلاف خط الطول الأوسط الذى يظهر على شكل خط مستقيم . تظهر

بباقى خطوط الطول على شكل قطاعات ناقصة محورها الأكبر هو خط
الطول الأوسط .

ويمكن بالرجوع الى شكل ٧٢ ، التأكيد من أن المسافات على خط الطول
الأوسط بين خطوط العرض المختلفة تساوى المسافات على خط الاستواء بين
خطوط الطول المختلفة .

وأن المسافة على أى من الطول الأوسط أو الاستواء من مركز الخريطة
تساوى تق جا (زاوية العرض) أو تق جا (زاوية الطول)

طريقة الإنشاء



شكل ٧٣

١ - ترسم الدائرة المحددة للمقط من المركز م ونصف قطر يساوى نصف قطر الأرض .

٢ - ترسم قطرا رأسيا يمر بالقطبين ويمثل خط الطول الأوسط كما ترسم قطرا أفقيا يمثل الاستواء .

٣ - تقسم محيط الدائرة الى أقسام متساوية ومن نقط التقسيم ترسم موازيات للاستواء تمثل خطوط العرض .

(نلاحظ ان خط العرض يبلغ طوله ٢ تقريبا أي قطر دائرة العرض الأصلية على سطح الأرض كما يبعد خط العرض عن الاستواء بمسافة تقريبا ϕ وهى نفس المسافة التي كان يبعد بها مستوى دائرة العرض ϕ عن مستوى الاستواء) .

٤ - نقسم خط الاستواء بالنقط ١ ، ب ، ج ، د ، ... بنفس النسب التي بها قسمت خطوط العرض خط الطول الأوسط (في س ، ص ، ع ، ...)

٥ - ترسم القطاعات الناقصة التي تمثل خطوط الطول بحيث يكون خط الطول الأوسط محورا أكبر فيها وبحيث تمر في كل من النقط ١ ، ب ، ج ، د ، ... فننتج خطوط الطول .

ملحوظة مفيدة

للمساعدة في رسم القطاعات الناقصة التي تمثل خطوط الطول ، يمكن تحديد النقاط ١ ، ب ، ج ، د ، ... وكذلك ١ ، ب ، ج ، د ، ... على كل خط من خطوط العرض بالطريقة الآتية :

- ١١٥ -

$$١ - م = ١ \text{ نق ح.ا.} \quad ، \quad م = ٣ \text{ نق ح.ا.} \quad ، \quad \dots \dots \dots$$

- ٢ - أطوال خطوط العرض من الطول الأوسط وحتى محيط الدائرة المحددة تسارى نق جتا ١٠° ، نق جتا ٢٠° ، نق جتا ٣٠° ، ...
- ٣ - يقسم كل خط عرض بنفس النصب التي تم بها تقسيم الاستواء . وبذلك يكون



شكل ٧٤

نصف الكرة الشرقى على مسقط أورتوجرافى استوائى

$$\begin{aligned} \text{س } 1^\circ &= \text{نق جتا } 1^\circ \text{ جا } 1^\circ, \text{ س ب}^\circ = \text{نق جتا } 1^\circ \text{ جا } 2^\circ, \\ \text{س ح}^\circ &= \text{نق جتا } 1^\circ \text{ جا } 3^\circ, \dots \end{aligned}$$

ويكون

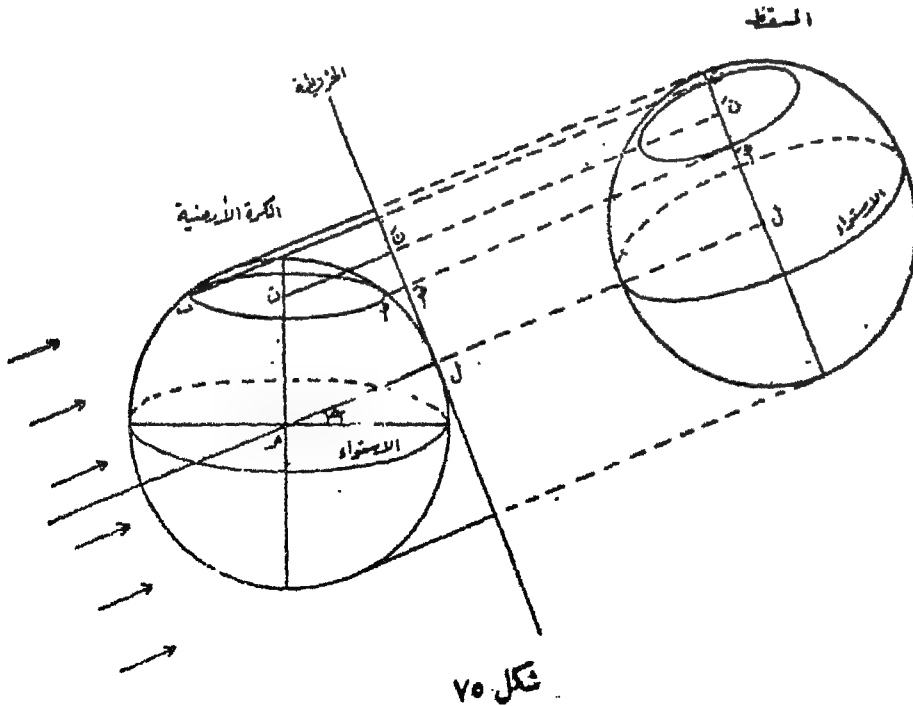
$$\begin{aligned} \text{س } 1^\circ &= \text{نق جتا } 2^\circ \text{ جا } 1^\circ, \text{ س ب}^\circ = \text{نق جتا } 1^\circ \text{ جا } 2^\circ, \\ \text{س ح}^\circ &= \text{نق جتا } 2^\circ \text{ جا } 2^\circ, \dots \end{aligned}$$

ويكون

$$\begin{aligned} \text{ع } 1^\circ &= \text{نق جتا } 3^\circ \text{ جا } 1^\circ, \text{ ع ب}^\circ = \text{نق جتا } 2^\circ \text{ جا } 3^\circ, \\ \text{ع ح}^\circ &= \text{نق جتا } 3^\circ \text{ جا } 3^\circ, \dots \end{aligned}$$

المسقط الأورثوجرافي المنحرف.

في هذه الحالة تسقط جميع خطوط الطول والعرض إلى قطاعات ناقصة ماعدا خط الطول الأوسط الذي يسقط إلى قطر في الدائرة المحددة.



الخصائص الهندسية للمسقط

١ - نفرض أن مركز الخريطة ل (نقطة التماس مع سطح الأرض) تقع عند العرض α . في هذه الحالة تميل أشعة الإسقاط على الاستواء بزاوية α .

٢ - نفرض أن ن مركز دائرة العرض ϕ على الكرة الأرضية وأن ن' هو مسقطها على الخريطة .

$$م ن على الأرض = نق حا \phi$$

$$ل ن' = م ن جتا \alpha = نق حا \phi حا \alpha$$

أى أن مركز المقطع الناقص الذى يمثل دائرة العرض ϕ على المسقط يقع على خط الطول الأوسط وعلى بعد من مركز الخريطة يساوى نق حا ϕ جتا α

٣ - ١ ن' هو نصف المحور الأصغر للمقطع الناقص لدائرة العرض ϕ .

$$١ ن' = ١ ن حا \alpha$$

لكن ١ ن هو نصف قطر دائرة العرض ϕ ويساوى نق جتا ϕ

$$١ ن' = نق جتا \phi حا \alpha$$

٤ - المحور الأكبر للمقطع الناقص لدائرة العرض لا يتعرض لى تغيير فى طوله عندما يسقط إلى سطح الخريطة لأنه يوازى سطح الخريطة .

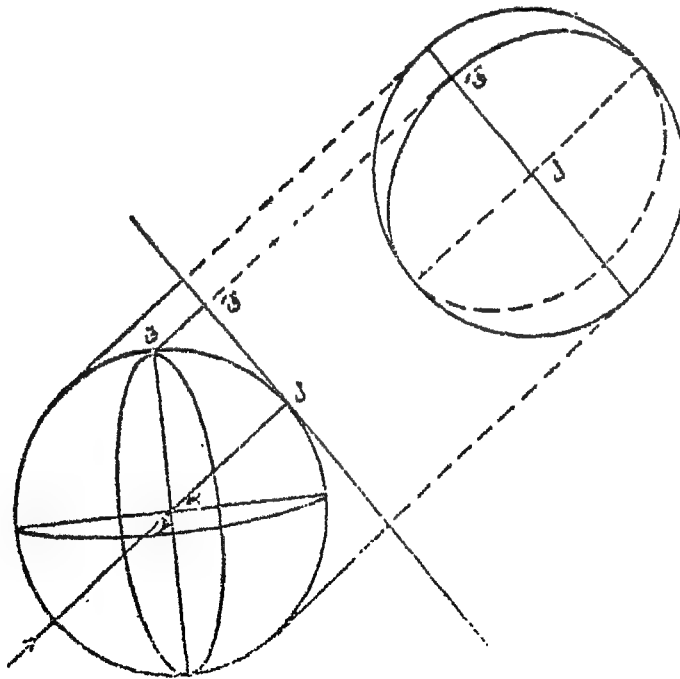
أى أن نصف طول المحور الأكبر للمقطع الناقص لدائرة العرض ϕ يساوى نق جتا ϕ .

وعلى ذلك فالخطوات (١) ، (٢) ، (٣) تحدد شكل وموقع القطع الذي يمثل دائرة عرض .

هـ — خط الطول المرسوم على سطح الأرض والذي يبعد ٩٠° طوليه عن خط الطول الأوسط يسقط إلى قطاع ناقص ويكون محوره الأكبر مساويا ٢ نق . أى بدون تغيير لانه يراعى سطح الخريطة . ويكون محوره الأكبر عموديا على خط الطول الأوسط .

ويكون نصف محوره الأصغر ل ق — ومسقط م ق على الخريطة

$$ل ق = م ق جتا \alpha = نق جتا \alpha$$



شكل ٧٦

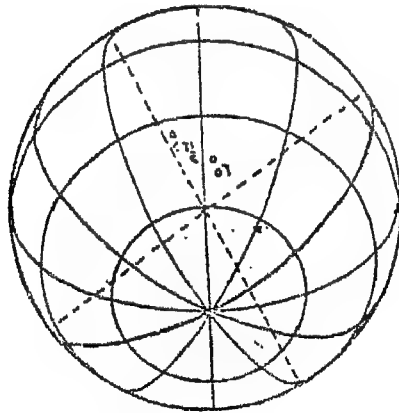
۶ — خط الطول المرسوم على سطح الأرض والذي يبعد بزاوية طول مقدارها λ عن خط الطول الأوسط ، يقطع إلى قطع ناقص مركزه هو مركز الدائرة المحددة (ل) ويكون طول محوره الأكبر 2 نقي بدون تغيير ويميل محوره الأكبر على خط الطول الأوسط بزاوية h حيث

$$\sin h = \sin \lambda \cos \alpha$$

ويعكون نصف محوره الأصغر مساوياً نقي α حـ λ

مثال :

مسقط أوروجراف مركزه عند العرض 60° جنوب يمثل كرة أرضية نصف قطرها 25 سم .



شكل ۷۷

أولاً : قطاعات الطول

الطول λ	زاوية ميل المحور الأكبر على خط الطول الأوسط (ه) ظا ه = ظا λ جا α	نصف المحور الأصغر نق جتا α جا λ
٣٠°	ظا ٣٠ جا ٦٠ ه = ٢٦°	٢٥ جتا ٦٠ جا ٣٠ = ٢٠ سم
٦٠°	ظا ٦٠ جا ٦٠ ه = ٥٦	٢٥ جتا ٦٠ جا ٦٠ = ١٠٠٨٢
٩٠°	ظا ٩٠ جا ٦٠ ه = ٩٠	٢٥ جتا ٦٠ جا ٩٠ = ١٢٥٠

ثانياً : قطاعات العرض مبينة في الجدول في الصفحة المقابلة

المسقط الأورثوجرافي المنحرف بمقياس كبير

في نهاية هذا الباب يوجد مثال محسوب لمسقط أورثوجرافي منحرف باستخدام المسافات والاتجاهات على سطح الأرض من مركز الخريطة إلى باقي النقاط المطلوب بيانها على الهيكل الجغرافي.

٤ - المسقط الانجماهي متساوي المسافات

كما تبين من اسم المسقط يكون الاتجاه من مركز الخريطة إلى أي مكان على الخريطة مساوياً لنفس الاتجاه على سطح الأرض وكذلك تكون المسافة المستقيمة من مركز الخريطة إلى أي مكان عليها مساوية للمسافة (على الدائرة العظمى) المناظرة على سطح الأرض.

ولحساب المسافات والاتجاهات على سطح الأرض يلزم الإلمام

ثانيا : قطاعات العرض

نصف المحور الأصغر فق جتا ϕ ح α	نصف المحور الأكبر فق جتا ϕ	بعد مركز القطع عن مركز الخريطة فق جتا ϕ جتا α	العرض ϕ
—	—	١٢٥٠ سم	القطب
١٠٨٢ جتا ٦٠ جتا ٢٥	١٢٥٠ جتا ٦٠ جتا ٢٥	١٠٨٢ جتا ٦٠ جتا ٢٥	٦٠ ح
١٨٧٥ جتا ٦٠ جتا ٢٥	٢١٦٥ جتا ٦٠ جتا ٢٥	٢٢٥٠ جتا ٦٠ جتا ٢٥	٣٠ ح
٢١٦٥ جتا ٦٠ جتا ٢٥	٢٥٠٠ جتا ٦٠ جتا ٢٥	٢٥٠٠ جتا ٦٠ جتا ٢٥	الاستواء

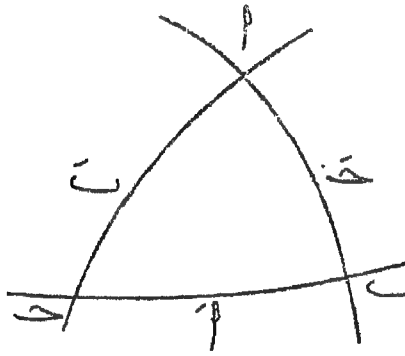
بجواب المثلثات الكروية

المثلث الكروي

المثلث الكروي هو الشكل المرسوم على سطح كرة والذي ينتج من تقاطع ثلاث دوائر عظمى .

ويتماس طول ضلع في المثلث بقيمة الزاوية التي يصنعها عند مركز الكرة .

قوانين المثلثات الكروية



شكل ٧٨

إذا كانت α, β, γ زوايا مثلث كروي وكانت α', β', γ' هي الأضلاع المقابلة .

توجد قوانين كثيرة تربط زوايا وأضلاع المثلث نذكر منها القوانين الأساسية الآتية :

قوانين الجيب

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \alpha'} = \frac{\sin \beta}{\sin \beta'} = \frac{\sin \gamma}{\sin \gamma'}$$

قوانين الجيب تمام

$$\cos \alpha' = \cos \beta' \cos \gamma' + \sin \beta' \sin \gamma' \cos \alpha$$

$$\cos \beta' = \cos \alpha' \cos \gamma' + \sin \alpha' \sin \gamma' \cos \beta$$

$$\cos \gamma' = \cos \alpha' \cos \beta' + \sin \alpha' \sin \beta' \cos \gamma$$

تحويل القياس الزاوى إلى قياس طولى

الميل الجغرافى هو طول قوس على سطح الأرض يقابل زاوية عند مركز الكرة الأرضية مقدارها دقيقة واحدة .

ولما كانت الأرض غير كاملة التـكـوـر لذلك تختلف قيمة الميل الجغرافى من مكان لآخر . وتم الاتفاق على أن القيمة المتوسطة للميل الجغرافى تعادل ١٨٥٢ متر وهى القيمة التى يبلغها طول القوس عند العرض ٤٥° .

فإذا كان هناك قوساً من دائرة عظمى على سطح الأرض طوله ٤٠ درجة أى يساوى $\frac{1}{4}$ محيط الأرض (٣٦٠°) فإن طول هذا القوس = $٤٠ \times ١٨٥٢ = ٢٤٠٠$ أى ٢٤٠٠ ميل جغرافى .

ويساوى تقريباً $٢٤٠٠ \times ١٨٥٢ = ٤٤٤٥$ كيلو متر



شكل (٧٩)

العالم على مسقط لـاتـجـاهـى متساوى المسافات
المسافات والاتجاهات على الخريطة من مدينة نيويورك تمثل المسافات والاتجاهات
الاصولية على سطح الأرض

استخدام المسقط الاتجاهى متساوى المسافات

يعطى المسقط المسافة الصحيحة والاتجاه الصحيح من مركز الخريطة إلى أى مكان آخر على الخريطة. ويرسم خريطة مركزها عند محطة لإرسال لاسلكية تعطى الخريطة أبعاد واتجاهات الأماكن المختلفة من محطة الإرسال وبذلك يمكن تحديد اتجاهات الهوائيات والقدرات المطلوبة لتوصيل الإذاعات إلى مختلف الأماكن.

أولاً المسقط الإجهامى متساوى المسافات القطبى

كما هو الحال فى جميع المساقط الإجهامية تكون الاتجاهات عند القطب صحيحة ولذلك تظهر خطوط الطول مستقيمة متلاقية عند نقطة القطب.

على سطح الأرض تكون جميع الأقطب التى تكون دائرة من دوائر العرض على أبعاد متساوية من القطب ولذلك تظهر دوائر العرض على المسقط على هيئة دوائر ويكون نصف قطر دائرة العرض على المصقط مساوياً للمسافة القوسية على سطح الأرض بين نقطة القطب وأى نقطة من نقط دائرة العرض.

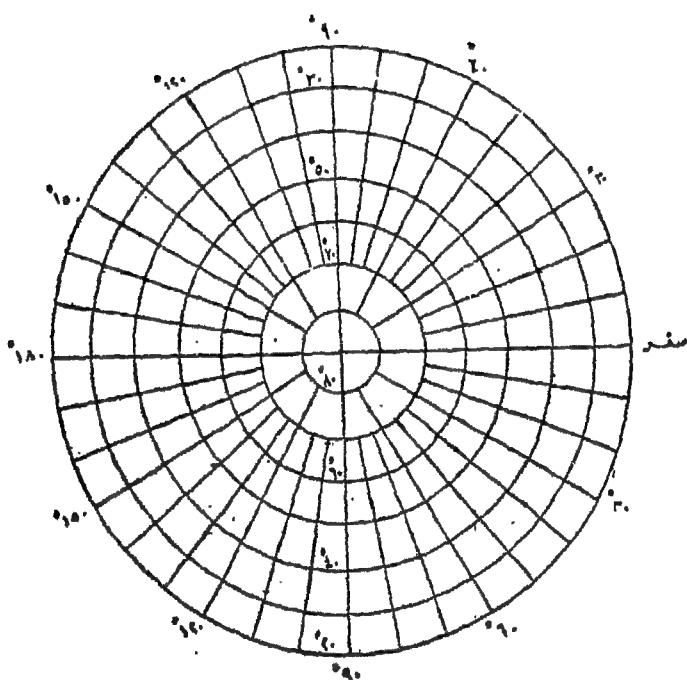
طريقة الإنشاء

١ - ترسم مجموعة خطوط الطول المستقيمة تضع فيما بينها زوايا متساوية وتساوى الزوايا المناظرة على سطح الأرض.

٢ - ترسم دوائر العرض مراكزها عند نقطة القطب الواقعة عند تلاقى خطوط الطول وبأشكال أقطار تساوى المسافة القوسية المناظرة على سطح الأرض.

- ١٢٥ -

$$\frac{\phi}{180} \times (\varphi - 90) \times \text{نق} = \phi$$



شكل ٨٠

الهيكل الجغرافي لمسقط إتحادي متساوي المسافات قطبي

مثال: مسقط إتحادي متساوي المسافات قطبي بمقياس ١ : ١٠٠ مليون .

$$\text{نق} = 6370 \text{ سم}$$

$$\text{نق} ٨٠ = \frac{\phi}{180} \times (٨٠ - ٩٠) \times 6370 = ١٠١١١٨ \text{ سم}$$

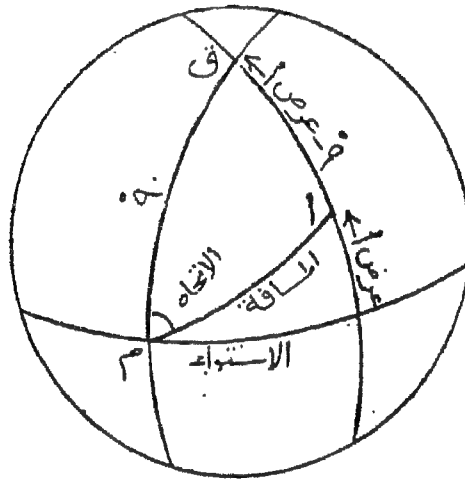
$$\text{نق} ٧٠ = ٢٣٣٥٢$$

$$\text{نق} ٧٠ = ٢٣٣٥٠$$

$$\text{نق. ق.} = ٨٩٥٥٥٥$$

$$\text{نق. ق.} = ١٧١٤٤٤$$

ثانياً : المسقط الاتجاهى متساوى المسافات الإستوائى



شكل ٨١

يقع مركز الخريطة عند نقطة على الاستواء مثل م ، ويتم حساب البعد من مركز الخريطة إلى جميع النقاط التي تشكل الهيكل الجغرافى مثل نقطة ١ ، كما يتم حساب الاتجاه (الانحراف) أى الزاوية التي يصنعها م مع اتجاه الشمال عند م وهو اتجاه خط الطول م ق .

المثلث الكروى الذى يجمع م ، ١ مع نقطة القطب ق تتحدد عناصره كالآتى:

- ١ - ق نقطة القطب ، م نقطة على الاستواء فيكون ق م = 90° .
- ٢ - تبعد ١ عن الاستواء بمقدار زاوية عرضها ϕ فيكون ق ١ = $90^\circ - \phi$.
- ٣ - خط الطول الذى يمر بنقطة ١ يصنع زاوية λ مع خط طول النقطة م

- ١٢٧ -

وقيمة هذه الزاوية تساوى الفرق بين طول كل من ϕ ، λ .

يتم الحصول على المسافة λ م مقدرة بالدرجات من العلاقة
 $\text{جتا } \lambda = \text{جتا } \phi$.

كما يتم الحصول على الاتجاه (λ ق م ϕ) من العلاقة

$\text{ظا (الاتجاه)} = \text{ظنا } \phi \text{ جا } \lambda$.

وبعد حساب المسافة والاتجاه لكل نقطة يتم التوزيع على الخريطة ثم يتم توصيل النقاط المشتركة في نفس الطول فينتج الهيكل المطلوب .

مثال: مسقط لتجاهى متساوى المسافات استوائى مركزه عند تلاقى الاستواء بخط طول جرينتش مع بيان خطوط الطول والعرض كل 30° .

بمسد النقطة (عرض 30° شمال ، طول 60° شرق) عن مركز الخريطة
 $\text{جتا (البعد)} = \text{جتا } 30 \text{ جتا } 60$

البعد = $64341^\circ = 3860$ ميل جغرافى = 7150 كيلو متر

$\text{ظا (الاتجاه)} = \text{ظنا } 30 \text{ جا } \lambda$

الاتجاه = 56310°

وبتكرار هذا العمل مع باقى النقاط المطلوبة لتشكيل الهيكل الجغرافى نحصل على الجدول الآتى :

قائمة الاتجاهات والمسافات على سطح الأرض

٦٠°		٣٠°		طول عرض
مسافة	اتجاه	مسافة	اتجاه	
٦٤٣٤١	١٦١٠٢	٤١٤١٠	٤٠٨٩٣	٣٠
٧٥٥٢٢	٢٦٥٦٥	٦٤٣٤١	٥٦٣١٠	٦٠
٩٠٠٠٠	٣٠٠٠٠	٩٠٠٠٠	٦٠٠٠٠	٩٠
١٠٤٤٧٨	٢٦٥٦٥	١١٥٦٥٩	٥٦٣١٠	١٢٠
١١٥٦٥٩	١٦١٠٢	١٣٨٥٩٠	٤٠٨٩٣	١٥٠
١٢٠٠٠٠	٠٠٠٠٠	١٥٠٠٠٠	٠٠٠٠٠	١٨٠

وبتوقيع النقط وتوصيلها نحصل على الهيكل الجغرافي في شكل ٨٢ .

المعروف أن التوقيع باستخدام الاحداثيات المتعامدة يكون أدق وأسهل من التوقيع باستخدام الاتجاه والمسافة . والجدول الآتي يعطى احداثيات النقط التي تشكل الهيكل الجغرافي باعتبار نقطة الأصل عند مركز الخريطة وينطبق محور الصادات على خط الطول الأوسط كما ينطبق محور السينات على الاستواء

وتكون معادلات التحويل من الاحداثيات القطبية (اتجاه ومسافة) الى الاحداثيات المتعامدة (س ، ص) كالآتي :

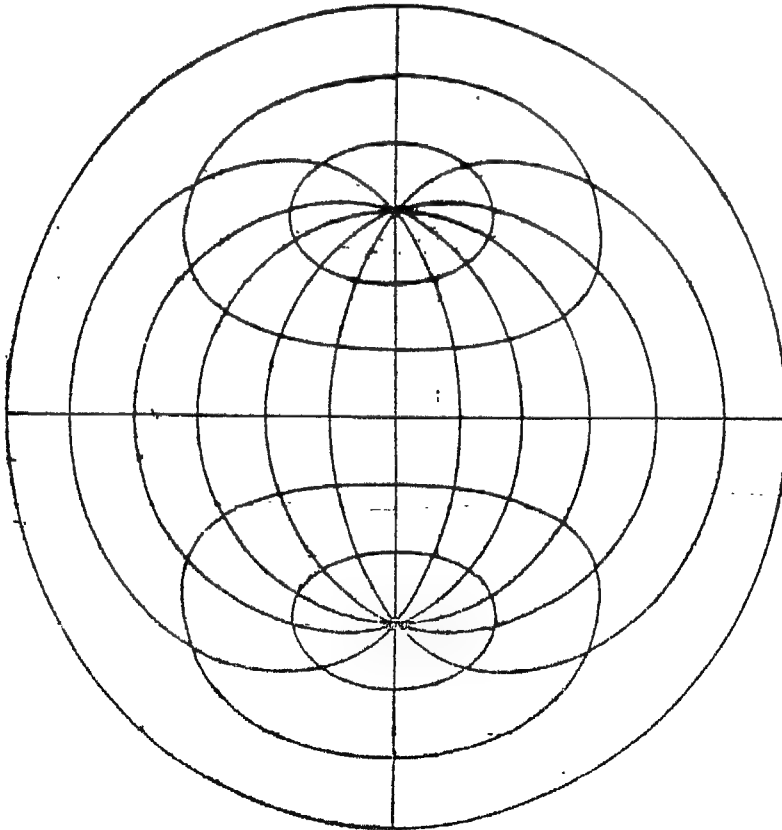
$$ص = المسافة \times جتا (الاتجاه)$$

$$س = المسافة \times جتا (الاتجاه)$$

- ١٢٩ -

قائمة الاحداثيات المتعامدة على الخريطة
المقياس : وحدة طولية لكل درجة

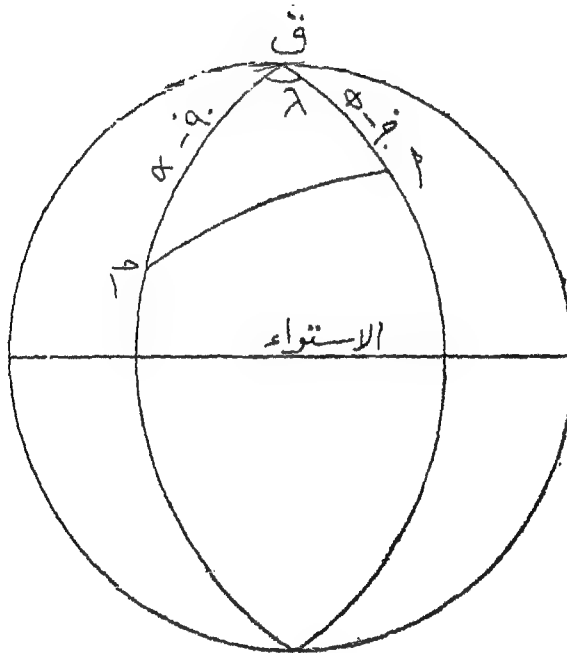
٦٠°		٣٠°		عرض
م	س	ح	س	طول
٦١١٨٢	١٧٢٨٤	٣١١٣٠	٢٧١١١	٣٠
٦٧٢٥٥	٢٣١٧٧	٣٥١٦٩	٥٣١١٥	٦٠
٧٧١٩٤	٤٥١٠٠	٤٥١٠٠	٧٧١٩٤	٩٠
٩٣١٤٥	٤٦١٧٢	٦٤١١٦	٩٦١٢٣	١٢٠
١١١١١٢	٣٣١٠٨	١٠٤١٧٦	٩٠١٧٣	١٥٠
١٢٠	صفر	١٥٠	صفر	١٨٠



شكل ٨٢

- ١٤٠ -

انقطاع الاتجاه منساري المسافات المنحرف الحالة العامة



شكل ٨٢

لا تختلف الحالة العامة عن الحالة الإستوائية في طريقة الإنقسام ولكن
الحسابات اللازمة للمسافات والاتجاهات تكون أطول من الحسابات في الحالة
الإستوائية .

إذا كان مركز الخريطة (م) عند العرض ϕ وكانت (ا) إحدى نقط الهيكل
الجغرافي عند العرض ϕ . وكانت الزاوية عند القطب (ق) بين خطي طول

١٠م ٨

— ١٣١ —

$$ق م = ٩٠ - \alpha$$

$$ق ا = ٩٠ - \phi$$

$$\lambda = ق م - ق ا$$

ويكون جتا (المسافة ا م) = جتا α جتا ϕ

$$+ جتا \alpha جتا \phi جتا \lambda$$

$$\frac{جتا \alpha - جتا \phi جتا (المسافة) جتا \alpha}{جتا (المسافة) جتا \alpha} = جتا (الاتجاه ق م ا)$$

مثال :

مسقط لإتجاهى متساوى المسافات مركزه عند الموقع (عرض ٦٠° شمال ، طول جرينتش) مع بيان خطوط الطول والعرض كل ٣٠° .

بعد النقطة (عرض ٣٠° شمال ، طول ١٢٠° شرق) عن مركز الخريطة

$$جتا (المسافة) = جتا ٦٠ حا ٣٠ + جتا ٦٠ جتا ٣٠ جتا ١٢٠$$

$$المسافة = ٧٧٤٩٦$$

$$\frac{جتا ٣٠ - جتا ٧٧٤٩٦ حا ٦٠}{جتا ٧٧٤٩٦ حا ٦٠} = جتا (الاتجاه)$$

$$الاتجاه = ٥٠.١٩٥°$$

بعد النقطة (عرض ٦٠° جنوب ، طول ١٥٠° شرق) عن مركز الخريطة

$$جتا (المسافة) = جتا ٦٠ حا (٦٠ -) + جتا ٦٠ جتا (٦٠ -) جتا ١٥٠$$

$$المسافة = ١٦٥١٢٩$$

- ١٢٣ -

$$\frac{\text{جنا (الاتجاه) } - \text{جنا (٦٠ -)}}{\text{جنا (٦٠ -)}} = \text{جنا (الاتجاه)}$$

$$103.64 = \text{الاتجاه}$$

وبتكرار هذا العمل مع باقى النقط المطلوبة لتشكيل الهيكل الجغرافى نحصل على الجدول الآتى :

عرض	طول					
		٦٠ ش	٣٠ ش	صفر	٣٠ ح	٦٠ ح
٣٠	اتجاه	٦٦٩	١٣٢٧	١٤٦٣	١٥٤٣	١٦٢٨
	مسافة	١٤٢٩	٣٦١	٦٤٣	٩٣٣	١٢٢٢
٦٠	اتجاه	٦٣٢	٩٩٥	١١٦٦	١٢٩٨	١٤٦٣
	مسافة	٢٨٩	٤٩٥	٧٥٥	١٠٢٥	١٢٨٧
٩٠	اتجاه	٤٩١	٧٣٩	٩٠	١٠٦١	١٣٠٩
	مسافة	٤١٤	٦٤٣	٩٠	١١٥٧	١٢٨٦
١٢٠	اتجاه	٣٣٧	٥٠٢	٦٣٤	٨٠٧	١١٦٦
	مسافة	٥١٣	٧٧٥	١٠٤٥	١٣٠٥	١٥١١
١٥٠	اتجاه	١٧٠	٢٥٦	٣٣٥	٤٧٣	١٠٣١
	مسافة	٥٧٨	٨٦٧	١١٥٧	١٤٣٩	١٦٥١

يتم توقيع النقط إما بطريقة الاتجاه والمسافة وإما بعد تحويلها إلى إحداثيات متعامدة بالطريقة المستخدمة فى الحسالة الاستوائية ونحصل على الهيكل الجغرافى المماثلة لشكل ٧٩ .

المناطق الانتحامية

باستخدام الأبعاد والانحسارات على سطح الأرض

يمكن رسم المناطق الانتحامية إلى سبب دراستها وهي المركزي والاستريوجرافي والاورثوجرافي وبالأخص الحالات الاستوائية والمنحرفة منها وذلك بعد حساب الأبعاد والانحسارات من مركز الخريطة إلى باقي النقاط المطلوب بيانها على الهيكل الجغرافي .

وفي هذه الحالة تكون عملية الإسقاط مشابهة تماماً للحالة القطبية .

المسقط المركزي

بالرجوع إلى شكل ٤٣ في المسقط المركزي القطبي نجد أن نقطة ١ على سطح الأرض تسقط إلى ١' على سطح الخريطة ويكون بعد ١' عن مركز الخريطة مساوياً لنقطة ١ م أي نق ظا (المسافة مقدرة بالدرجات)
وبتطبيق تلك القاعدة في الحالة الاستوائية وأيضاً في الحالة المنحرفة نحصل على الهيكل الجغرافي المطلوب .

المسقط المركزي الاستوائي

مثال :

مسقط مركزي استوائي مركزه عند تلاقي الاستواء بخط طول جرينتش مع بيان خطوط الطول والعرض كل ٣٠° .

مقياس الرسم ١ : ١٠٠ مليون

نق = ٦٣٧ سم

سبق الحصول على قائمة الأبعاد والاتجاهات من مركز الخريطة إلى باقى
نقط الهيك الجغرافى وذلك فى مثال المسقط الاتجاهى متساوى المسافات
الاستوائى . والمبينة كالآتى :

الاتجاهات والمسافات على سطح الأرض

عرض		٣٠°		٦٠°	
طول		اتجاه	مسافة	اتجاه	مسافة
٣٠°		٤٠.٣٨٩٣°	٤١.٣٤١٠°	١٦.٣١٠٢°	٦٤.٣٤١١°
٦٠		٥٦.٣١٠°	٦٤.٣٤١١°	٢٦.٣٥٦٥°	٧٥.٥٢٢°

ونكتفى بهذه الحدود إذ أن المسقط المركزى لا يصل إلى مسافة ٩٠° عن
مركز الخريطة .

وتصبح المسافات على الخريطة كما فى الجدول الآتى حيث :

المسافة على الخريطة (سم) = نق (سم) × ظ (المسافة على الأرض
بالدرجات)

الاتجاهات والمسافات على الخريطة

٦٠°		٣٠°		عرض
نق ظا المسافة	اتجاه	نق ظا المسافة	اتجاه	طول
نق ظا ٦٤٣٤١ سم ١٣٢٥٩ =	١٦٣١٠٢°	نق ظا ٤١٠١٣ سم ٥٦١٧ =	٤٠٣٨٩٣°	٣٠°
نق ظا ٧٥٣٥٢٢ سم ٢٤٣٦٧٠ =	٢٦٣٥٦٥	نق ظا ٦٤٣٤١ سم ١٣٢٥٩ =	٥٦٣١٠°	٦٠°

وبتحويل الاتجاهات والمسافات على الخريطة إلى إحداثيات متعامدة

س، ص حيث س = المسافة × جـ (الاتجاه)

ص = المسافة × جتا (الاتجاه)

٦٠°		٣٠°		عرض
ص	س	ص (سم)	س (سم)	طول
١٢٣٧٣٩	٣٣٦٧٨	٤٢٤٧	٣٣٦٧٨	٣٠
٢٢٣٠٦٦	١١٣٠٢٣	٧٣٥٥	١١٣٠٣٣	٦٠

المسقط المركزي المـنحرف

مثال :

مسقط مركزي منحرف مركزه عند الموقع (عرض ٦٠° شمال ، طول جرينتش) مع بيان خطوط الطول والعرض كل ٢٠° .

والمقياس ١ : ٥٠ مليون

لق = ١٢٧٤ سم

وسبق الحصول على قائمة بالمسافات والاتجاهات من مركز الخريطة الى باقى
نقط الهيكل الجغرافى وذلك فى مثال المسقط الاتجاهى متساوى المسافات المنحرف
والمبينة كالآتى :

الاتجاهات والمسافات على سطح الأرض

عرض طول		٦٠	٢٠	صفر
صفر	اتجاه مسافة	صفر صفر	١٨٠ ٢٠	١٨٠ - ٦٠
٢٠	اتجاه مسافة	٧٦٩ ١٤٩	١٣٢٧ ٣٦١	١٤٦٣ ٦٤٣
٦٠	اتجاه مسافة	٦٣٤ ٣٨٩	٩٩٥ ٤٩٥	١١٦٦ ٧٥٥

- ١٢٧ -

وتصبح الاتجاهات والمسافات على الخريطة كما في الجدول الآتي :

حيث المسافة على الخريطة بالسنتيمترات

= نق (سم) \times ظا (المسافة على الأرض بالدرجات)

الاتجاهات والمسافات على الخريطة

عرض / طول		٦٠	٣٠	صفر
صفر	اتجاه	صفر	١٨٠	١٨٠
	مسافة سم	صفر	٧٣٥٥	٢٢٠٦٦
٣٠	اتجاه	٧٦٩	١٣٢٧	١٤٦٣
	مسافة سم	٣٣٩٠	٩٢٩٠	٢٦٨٧٢
٦٠	اتجاه	٦٣٤	٩٩٥	١١٦٦
	مسافة سم	٧٠٣٣	١٤٩١٧	٤٩٢٦٢

وبتحويل الاتجاهات والمسافات الى احداثيات متعامدة نحصل على جدول

الاحداثيات الآتي :

عرض / طول		٦٠	٣٠	صفر
صفر	س (سم)	صفر	صفر	صفر
	ص (سم)	صفر	٧٣٥٥	٢٢٠٦٦
٣٠	س	٣٣٠٢	٦٨٢٧	١٤٦٨٨
	ص	٠٧٦٨	٦٣٠٠	٢٢٠٦٣
٦٠	س	٦٢٨٩	١٤٧١٢	٤٤٣٠٤٨
	ص	٣١٤٩	٢٤٠٢	٢٢٠٦٥

المسقط الاستريوجرافى

بالرجوع إلى شكل ٥٦ فى المسقط الاستريوجرافى القطبى نجد أن نقطة ١ على سطح الأرض تسقط إلى ١ على سطح الخريطة ويكون بعدد ١ عن مركز الخريطة مساوياً

$$٢ \text{ نق ظا} = \frac{١ \text{ م}^{\wedge} ٥}{٢} \text{ نق ظا} \text{ (نصف المسافة مقدرة بالدرجات)}$$

المسقط الاستريوجرافى الاستوائى

مثال :

مسقط استريوجرافى استوائى مركزه عند تلاقى الاستواء بخط طول جرينتش مع بيان خطوط الطول والعرض كل ٣٠°

مقياس الرسم ١ : ١٠٠ مليون

نق = ٦٣٧ سم

وقائمة الاتجاهات والمسافات هى نفسها المبينة فى مثال المسقط الانجهاى متساوى المسافات الاستوائى وأيضاً فى مثال المسقط المركزى الاستوائى باستخدام الأبعاد والاتجاهات والمبينة فى الجدول الآتى :

الاتجاهات والمسافات على سطح الأرض

طول	عرض		٣٠		٦٠		٩٠	
	اتجاه	مسافة	اتجاه	مسافة	اتجاه	مسافة	اتجاه	مسافة
٣٠	٤٠٨٩٣	٤١٢٤١	١٦١٠٢	٦٤٢٤١	٠	٦٤٢٤١	٠	٩٠
٦٠	٥٦٢٣١	٦٤٢٤١	٢٦٢٥٦	٧٥٢٥٢	٠	٧٥٢٥٢	٠	٩٠
٩٠	٦٠	٩٠	٣٠	٩٠	٣٠	٩٠	٣٠	٩٠

١٣٩ -

وتصبح الاتجاهات والمسافات على الخريطة كما هو في الجدول الآتي :

حيث المسافة على الخريطة بالسنتيمترات

$$= ٢ \text{ نق (سم) } \times \text{ ظا (نصف المسافة على الأرض بالدرجات)}$$

عرض		٣٠		٦٠		٩٠	
طول	اتجاه	مسافة سم		اتجاه		مسافة سم	
		٤٠٨٩٣	°	١٦٧١٠٢	°	٨٧٠١٤	°
٣٠		٤٠٨٩٣	°	١٦٧١٠٢	°	٨٧٠١٤	°
٦٠		٥٦٧٣١٠	°	٢٦٧٥٦٥	°	٩٧٨٦٨	°
٩٠		١٢٧٧٤٠	°	٣٠	°	١٢٧٧٤٠	°

وفي النهاية يتم تحويل الاتجاهات والمسافات الى احداثيات متعامدة من عرض بنفس القواعد السابقة.

المسقط الاستريوجرافي المنحرف

مثال :

مسقط استريوجرافي منحرف مركزه عند الموقع (عرض ٦٠ ° شمال ، طول جرينتش) مع بيان خطوط الطول والعرض كل ٣٠ ° - والمقياس ١ : ١٢٧٧٤٠٠٠٠

$$\text{نق} = ١٢٧٧٤٠٠٠٠$$

وبتحويل المسافات على سطح الأرض الى المسافات على الخريطة بالعلاقة

$$\text{المسافة على الخريطة} = ٢ \text{ نق ظا (نصف المسافة على الأرض) } \text{ نصل}$$

الجدول الآتي :

- ١٢٠ -

عرض	طول		٦٠ ش	٣٠ ش	صفر
٣٠		اتجاه (°)	٧٦٠٩	١٣٢٣٧	١٤٦٣
		مسافة (سم)	٣٣٣٢	٨٠٣٠٤	١٦٣٠١٥
٦٠		اتجاه	٦٣٣٤	٩٩٣٥	١١٦٣٦
		مسافة	٦٣٥٦٦	١١٣٨٥٤	١٩٣٧٢٩
٩٠		اتجاه	٤٩٣١	٧٣٣٩	٩٠
		مسافة	٩٣٦٢٨	١٦٣٠١٥	٢٥٣٤٨٠
١٢٠		اتجاه	٣٣٣٧	٥٠٣٢	٦٣٣٤
		مسافة	١٢٣٢٣٥	٢٠٣٤٥٠	٣٢٣٩٠٨

المسقط الأورثوجرافي

عند إنشاء المسقط الأورثوجرافي القطبي سقطت كل نقطة من سطح الأرض إلى سطح الخريطة بحيث كان بعدها عن مركز الخريطة = تق جتا (العرض) = تق جتا (٩٠ - البعد القطبي). = تق جا البعد القطبي

وعلى ذلك يمكن تشكيل أي مسقط أورثوجرافي بتحويل المسافات الأرضية إلى المسافات على الخريطة بالقاعدة الآتية :

المسافة على الخريطة = تق \times جا (المسافة على الأرض)

المسقط الأورثوجرافي الاستوائي

مثال : مسقط أورثوجرافي استوائي مركزه عند تلاقى الاستواء بخط طول جرينتش والمقياس ١ : ١٠٠ مليون

يمطى الجدول الآتى الاتجاهات والمسافات على الخريطة حيث :

$$\text{المسافة على الخريطة (سم)} = ٦٣٧٠ \times \text{حـا (المسافة على الأرض)}$$

عرض طول	٣٠		٦٠	
	اتجاه	مسافة	اتجاه	مسافة
٣٠	٤٠٨٩٣	٤٢١٣	١٦١٠٢	٥٧٤٢
٦٠	٥٦٣١٠	٥٧٤٢	٢٦٥٦٥	٦١٦٨
٩٠	٦٠	٦٣٧٠	٣٠	٦٣٧

المسقط الأورثوجرافي المنحرف

مثال : مسقط أورثوجرافي منحرف مركزه عند الموقع (عرض ٦٠° شمال، طول جرينتش) مع بيان خطوط الطول كل ٣٠°

والمقياس ١ : ٥٠ مليون

يمطى الجدول الآتى الاتجاهات والمسافات على الخريطة حيث

$$\text{المسافة على الخريطة (سم)} = ١٢٧٤ \times \text{حـا (المسافة على الأرض)}$$

— ١٤٢ —

٢٠ جـ	صفر	٢٠ ش	٦٠ ش		عرض / طول
					صفر
١٨٠	١٨٠	١٨٠	صفر	اتجاه	
١٢٧٧٤	١١٠٠٣٣	٦٣٠	صفر	مسافة (مم)	
	١٤٦٣	١٣٢٧	٧٦٩	اتجاه	٢٠
	١١٠٤٨٠	٧٥٠٦	٣٢٧٦	مسافة	
	١١٦٦	٩٩٥	٦٣٤	اتجاه	٦٠
	١٣٣٣٤	٩٦٨٨	٦١٥٧	مسافة	
	٩٠	٧٣٩	٤٩١	اتجاه	٩٠
	١٢٧٧٤٠	١١٠٤٨٠	٨٤٢٥	مسافة	
		٥٠٢	٣٣٧	اتجاه	١٢٠
		١٢٠٤٣٨	٩٩٤٣	مسافة	
		٢٥٢٦	١٧٠	اتجاه	١٥٠
		١٢٧٧١٩	١٠٧٨١	مسافة	

الباب السابع

المساقط المخروطية

في هذه المجموعة من المساقط نبدأ بمخروط يمس سطح الأرض حول دائرة غالباً ما تكون دائرة عرض .

بعد قطع المخروط عند رأسه منه وبعد فردة حتى يتخذ شكل السطح المستوي الذي هو سطح الخريطة ، تظهر دائرة عرض التماس قوساً من دائرة مركزها هو رأس المخروط ونصف قطرها هو طول الرأس من رأس المخروط إلى موضع التماس .



شكل ٨٤

يكون أيضاً طول القوس على المسقط الذي يمثل دائرة عرض التماس مساوياً للطول الحقيقي المحيط بهذه الدائرة على سطح الأرض .

وبعد ذلك تتكون المساقط المخروطية بأساليب متنوعة تحقق خصائص وشروط معينة.

-- ١٤٤ --

الخصائص الهندسية العامة للمساقط المخروطية

إذا كانت (ز) هي رأس المخروط في شكل ٨٤ وكانت (١) نقطة على دائرة عرض القماس، وقيمة زاوية عرضها α وكانت (م) مركز الكرة الأرضية .

١ - نصف قطر دائرة عرض القماس على المسقط

واضح أن نصف القطر هو ر

من المثلث م ١ ر الذي فيه زاوية م ١ ر قائمة وزاوية ر م ١ $= 90^\circ - \alpha$

$$ر = م ١ \times \text{ظلنا } \alpha = \text{نق ظلنا } \alpha$$

ب - ثابت المخروط

إذا كانت θ هي قيمة الزاوية المستوية عند النقطة ر عندما يتخذ المخروط الشكل المستوي وهي الزاوية المركزية المقابلة للقوس الذي يمثل دائرة عرض القماس فعندئذ تمثل الزاوية θ جميع زوايا الطول وقيمتها 360°

وتسمى النسبة بين زوايا الطول على الخريطة وزوايا الطول على الأرض بـ ثابت المخروط .

$$\frac{\theta}{360} = \text{ثابت المخروط}$$

و ثابت المخروط هو أيضا النسبة بين أى زاوية طول على الخريطة والزاوية المناظرة على الأرض .

طول قوس دائرة عرض القماس على المسقط يساوى طول محيط هذه الدائرة على سطح الأرض

- ١٤٥ -

$$\alpha = \frac{\rho}{180} \times \theta \times \tau$$

$$\alpha = \frac{\rho}{180} \times \theta \times \alpha$$

$$\alpha = \frac{\alpha}{\alpha} = \frac{\theta}{360}$$

أى أن ثابت المخروطية = جيب زاوية عرض القياس

استخدامات المساقط المخروطية

لما كانت دائرة عرض القياس تظهر على المصط مساوية في طولها للطول الحقيقي على سطح الأرض ، تستخدم المساقط المخروطية لتمثيل مناطق من سطح الأرض تمتد امتدادا كبيرا مع درجات الطول وامتدادا صغيرا نسبيا مع درجات العرض.

ويؤخذ مخروط القياس بحيث رأس سطح الأرض عند دائرة عرض متوسط المنطقة المطلوب بيانها على الخريطة .

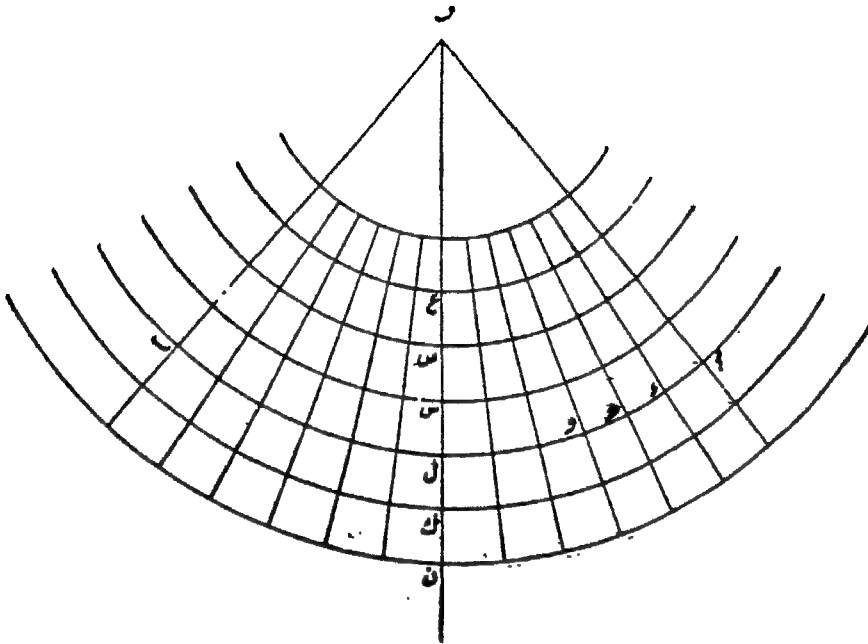
يسمى عرض دائرة القياس بالعرض الرئيسى ويرمز له بالرمز α .

١ - المصط المخروطى البسيط

طريقة الإلقاء

نفرض أن قيمة العرض الرئيسى α

١ - نأخذ نقطة مثل ر تمثل رأس المخروط



شكل ٨٥

٢ - إذا كان المسقط يمثل أى عدد آخر من الدرجات الطولية λ فترسم الزاوية $\theta = \lambda - \alpha$

في جميع الحالات يكون منصف الزاوية θ رأسياً على لوحة الإسقاط وتسمى منصف الزاوية θ خط الطول الأوسط.

٣ - يرسم قوس دائرة العرض الرئيسى مركزه نقطة رأس المخروط $ر$ ونصف قطره يساوى تقاطعنا α المقابل لزاوية θ في النقطتين $ا$ ، $ب$.

٤ - يقسم القوس $ا ب$ إلى عدد من الأقسام المتساوية في النقط $و$ ، $هـ$ ، $ز$ ، ... ونصل تلك النقط مع نقطة الرأس $ر$ لتتكون خطوط الطول المطلوبة.

٥ - على خط الطول الأوسط $ر ل$ نأخذ المسافات $ل س$ ، $ل ج$ ، $ل ع$ ، ...

تساوى الأبعاد الحقيقية على السطح الكروى للأرض بين دوائر العرض المختلفة ودائرة العرض الرئيسى .

٦ - ترسم دوائر العرض بحيث يكون مركزها عند نقطة الرأس ر وتمر فى النقط س ، ص ، ع ، ...

ملحوظات

- ١ - القطب يظهر على شكل قوس دائرة وليس نقطة .
- ٢ - خطوط الطول على المسقط وهى خطوط مستقيمة تساوى فى أطوالها خطوط الطول الأصلية على سطح الأرض .
- ويعبر عن تلك الخاصية بأن المقياس على خطوط الطول يكون صحيحا .
- ٣ - خط العرض الرئيسى يساوى فى طوله دائرة العرض الرئيسى على سطح الأرض أى أن المقياس يكون صحيحا على خط العرض الرئيسى .
- ٤ - خطوط العرض الأخرى بخلاف خط العرض الرئيسى تكون أطول من نظيراتها على سطح الأرض .

مثال

مسقط مخروطى بسيط بمقياس ١ : ٥٠ مليون وفيه العرض الرئيسى ٥٠° شمال ويمتد بين خطى الطول ٢٠° شرق ، ١٢٠° شرق .

رادية الطول المطلوب تمثيلها على الخريطة = ١٢٠ - ٢٠ = ١٠٠°

ثابت المخروط = ٥٠° = ٧٦٦٠٤

— ١٤٨ —

قيمة زاوية الرأس في المسقط. $٥٧٦٦٠.٤ = ٥٧٦٦٠.٤ \times ١٠٠ =$

نصف قطر دائرة العرض الرئيسى على المسقط = نق ظتا ٥٠

$$١٠١٠٢٦٩٠١ \text{ سم} = \frac{٥٠ \times ٦٣٧٠ \times ١٠٠ \dots \times \text{ظتا } ٥٠}{٥٠ \dots \dots} =$$

المسافة القوسية على سطح الأرض التى تمثل ١٠° عرضية

$$٢٢٢٢٣٥ \text{ سم} = \frac{\text{ط}}{١٨٠} \times ١٠ \times \text{نق} =$$

نصف قطر دائرة العرض ٦٠° على المسقط $= ١٠٢٦٩٠١ - ٢٢٢٢٣٥$

$$٨٢٤٦٦٦ \text{ سم} =$$

$$٢٢٢٢٣٥ - ٨٢٤٦٦ = \text{د د د د د } ٧٠$$

$$٦٢٢٤٣١ \text{ سم} =$$

$$٢٢٢٢٣٥ - ٦٢٢٤٣١ = \text{د د د د د } ٨٠$$

$$٤٢٠١٩٦ \text{ سم} =$$

$$٢٢٢٢٣٥ + ١٠٢٦٩٠١ = \text{د د د د د } ٤٠$$

$$١٢٢٩١٣٦ \text{ سم} =$$

$$٢٢٢٢٣٥ - ١٢٢٩١٣٦ = \text{د د د د د } ٢٠$$

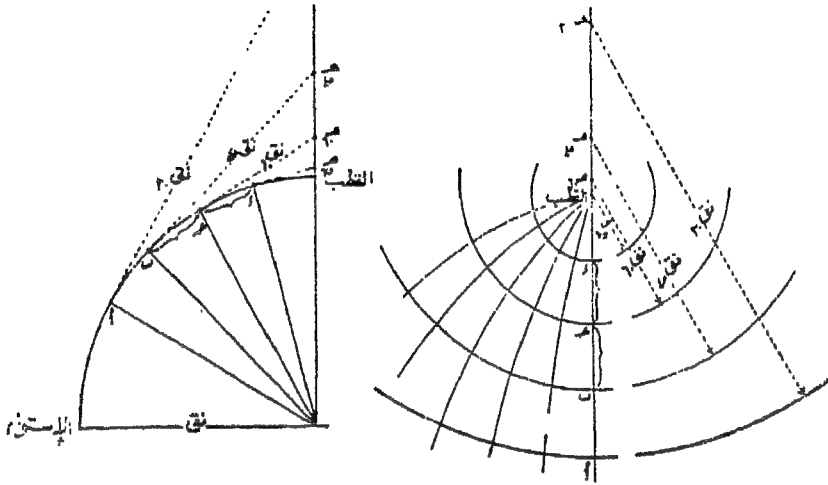
$$١٥٢١٣٧١ \text{ سم} =$$

٢ — المسقط متعدد المخاريط

يرسم هذا المسقط مكونا من مجموعة متعددة من المسائط المخروطية البسيطة

كل واحد منها يختص بدائرة عرض .

طريقة الإنشاء



شكل ٨٦

١ - يرسم خط رأسى يمثل خط الطول الأوسط .

٢ - نوقع على هذا الخط النقط ١ ، ب ، ج ، ... على أبعاد متساوية من بعضها لتمثل تقاطعات دوائر العرض المختلفة وبحيث تكون المسافة بين كل نقطتين منها مساوية للمسافة القوسية على سطح الأرض بين دائرتي العرض المناظرتين .

٣ - ترسم دوائر العرض التي تمر بالنقط ١ ، ب ، ج ، ... بعد إيجاد مواقع مراكزها على خط الطول الأوسط وبحيث يبعد مركز كل دائرة عن النقطة المناظرة بمسافة تساوى نق ظلتا (زاوية العرض) .

(فى شكل ٨٦ ١ م.٣ = نق ظلتا ٣° ، ب م.٤ = نق ظلتا ٤° ، ...)

٤ - من كل من النقط التي تحدد مواقع مراكز دوائر العرض أى

٣.٣ ، ٤.٤ ، ٦.٦ ، ... ترسم دوائر الطول $\lambda = \lambda$ حا (زاوية العرض)

فتقابل أضلاع الزاوية القوس المقابل لها و المنقطتين اللتين تحددان نهايتى خط العرض

٥ - يقسم كل قوس دائرة عرض على حدة إلى أقسام متساوية .

٦ - نصل بين نقط تقسيم أقواس دوائر العرض لنحصل على خطوط الطول .

مثال :

مسقط متعدد المخاريط بمقياس ١ : ١٠ مليون يمثل ١٢٠° طولية .

$$\begin{aligned} \text{عرضيه مقاسة على خط الطول الأوسط} &= ٥ \times \frac{\text{ط}}{١٨٠} \times \text{نق} \\ &= ٥٨٩٥٥٥ \text{ سم} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{نق. ٣} &= \text{نق ظلنا } ٣٥^\circ = ٩٠٩٧٣٠ \text{ سم} \\ \text{٣. ٥} &= ١٢٠^\circ \text{ حـ } ٣٥ = ٦٨٥٨٢٩٢ \\ \text{نق. ٤} &= \text{نق ظلنا } ٤٠ = ٧٥٩١٤٧ \text{ سم} \\ \text{٤. ٥} &= ١٢٠^\circ \text{ حـ } ٤٠ = ٧٧٧١٣٤٥ \\ \text{نق. ٥} &= \text{نق ظلنا } ٤٥ = ٦٣٧٠٠٠ \text{ سم} \\ \text{٥. ٥} &= ١٢٠^\circ \text{ حـ } ٤٥ = ٨٤٧٨٥٢٨ \\ \text{نق. ٦} &= \text{نق ظلنا } ٥٠ = ٥٣٥٠٦ \text{ سم} \\ \text{٦. ٥} &= ١٢٠^\circ \text{ حـ } ٥٠ = ٩١٧٢٥٣ \\ \text{نق. ٧} &= \text{نق ظلنا } ٥٥ = ٤٤٦٠٣٢ \text{ سم} \\ \text{٧. ٥} &= ١٢٠^\circ \text{ حـ } ٥٥ = ٩٨٢٩٨٢ \end{aligned}$$

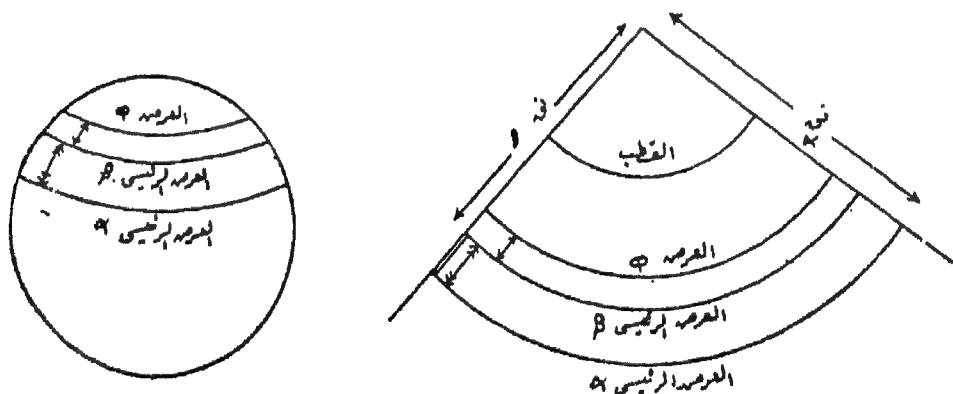
٣ - المخطط الخرجي بعرضين رئيسيين

هذا المسقط يشبه المسقط المخروطي البسيط في طريقة الانشاء ، إلا انه يعتمد على مخروط افرازي عقق الشرطين الآتين :

أولاً: قوسان من دوائر العرض المرسومة من رأس المخروط كمرکز ، يساويان في طولهما دائرتين من دوائر العرض مثل α ، β .

ثانياً : طول راسم المخروط بين القوسين α ، β يساوى طول المسافة القوسية على سطح الارض بين دائرتي العرض α ، β .

الخصائص الهندسية للنقط



شکل (۸۷)

نقير هو نصف قطر قوس دائرة العرض الرئيسي α على المخطط ،

نقشہ

— ١٥٢ —

ج هي الزاوية المركزية عند رأس المخروط

طول قوس العرض α على المخطط = محيط دائرة العرض α على سطح الأرض

$$(١) \quad \alpha \text{ نق جتا} = \frac{\pi}{180} \times e$$

$$(٢) \quad \beta \text{ نق جتا} = \frac{\pi}{180} \times \theta \quad \text{كذلك}$$

المسافة بين القوسين على المخطط = المسافة القوسية بين دائرتي العرض α ، β على سطح الأرض

$$(٣) \quad \frac{\pi}{180} \times (\alpha - \beta) \text{ نق} = \text{نق} \alpha - \text{نق} \beta$$

وبطرح المعادلة (٢) من المعادلة (١)

$$\frac{\pi}{180} \times (\alpha \text{ جتا} - \beta \text{ جتا}) = (\text{نق} \alpha - \text{نق} \beta) \times \frac{\pi}{180} \times \theta$$

$$(٤) \quad \frac{360}{\theta} \times (\alpha \text{ جتا} - \beta \text{ جتا}) = \text{نق} \alpha - \text{نق} \beta \quad \text{أي}$$

ومن المعادلتين (٣) ، (٤) ينتج ان

$$\frac{360}{\theta} \times (\alpha \text{ جتا} - \beta \text{ جتا}) = \frac{\pi}{180} \times (\alpha - \beta) \text{ نق}$$

- ١٥٣ -

$$\frac{180}{\tau} \times \frac{\beta \text{ جتا} - \alpha \text{ جتا}}{(\alpha - \beta)} = \frac{\tau}{360} = \text{ثابت المخروط}$$

$$\frac{\alpha \text{ نقي جتا}}{\text{ث}} = \text{ومن المعادلة (١) نقي } \alpha$$

$$\frac{\beta \text{ نقي جتا}}{\text{ث}} = \text{(٢) نقي } \beta$$

وتقع دوائر العرض الأخرى بحيث تبعد عن العرض الرئيسي α أو β بمسافة تساوي المسافة القوسية المناظرة على سطح الأرض .

$$\text{نقي } \phi = \frac{\alpha \text{ نقي جتا}}{\text{ث}} + (\phi - \alpha) \times \frac{\tau}{180} \times \text{نقي}$$

طريقة الإنشاء

يرسم بنفس الطريقة المتبعة في رسم المسقط المخروطي البسيط وذلك بعد تحديد الخصائص الهندسية للمخروط المطلوب .

مثال :

مسقط مخروطي بعرضين رئيسيين 60° ، 75° شمال ؛ قياس ١ : ٢٠ مليون
يمثل 150° طولية

$$\text{نق} = 31385 \text{ سم}$$

- ١٥٤ -

$$\theta = \text{ثابت المخروط} = \frac{180}{\pi} \times \frac{70 - 60}{(70 - 60)} = 0.92124$$

$$\text{الزاوية المركزية عند رأس المخروط} = 100^\circ \times \theta = 92.124^\circ$$

$$\text{نق. ٦٠ جتا} = \frac{172865}{\theta} = 172865 \text{ سم}$$

$$\text{نق. ٧٥ جتا} = \frac{172865}{\theta} = 172865 \text{ سم}$$

المسافة القوسية على سطح الأرض التي تقابل 0° عرضيه

$$\text{نق} \times \frac{\pi}{180} \times 0 = 27794 \text{ سم}$$

$$\text{نق. ٦٠} = 172865 + 27794 = 200659 \text{ سم}$$

$$\text{نق. ٧٥} = 172865 + 27794 = 200659 \text{ سم}$$

$$\text{نق. ٦٠} = 172865 - 27794 = 145071 \text{ سم}$$

$$\text{نق. ٧٥} = 172865 - 27794 = 145071 \text{ سم}$$

$$\text{نق. ٨٠} = 172865 - 89481 = 83384 \text{ سم}$$

المقياس على المسقط المخروطى بعرضين رئيسيين :

على المسقط المخروطى البسيط يحتفظ قوس العرض الرئيسى بالمقياس صحيحا - أما باقى خطوط العرض فالمقياس يأخذ فى الكبر كلما ابتعدنا عن العرض الرئيسى .

أما على المسقط المخروطى بعرضين رئيسيين وباختيار العرضين الرئيسيين داخل المنطقة المطلوب تمثيلها على المسقط فإن المقياس لا يتغير كثيرا داخل نطاق الخريطة . وعادة يتم اختيار العرضين الرئيسيين بحيث يبعد كل منهما عن العرض المحدد للخريطة بمقدار $\frac{1}{4}$ الاتساع العرضى للخريطة . وقد تتغير تلك القاعدة حسب شكل المنطقة المطلوب تمثيلها على الخريطة .

مثال لذلك خريطة تمتد من العرض 40° شمال الى العرض 65° شمال

أى أن الاتساع العرضى 25° . ($25 \div 6 = 4$ تقريبا)

العرض الرئيسى الأول $40 + 4 = 44^\circ$ شمال

، ، الثانى $65 - 4 = 61^\circ$ ،

ويمكن اختيار العرضين 45° ، 60° كعرضين رئيسيين دون أن يؤثر ذلك على المقياس على الخريطة .

٤ - المساقط المخروطية متساوية المساحات

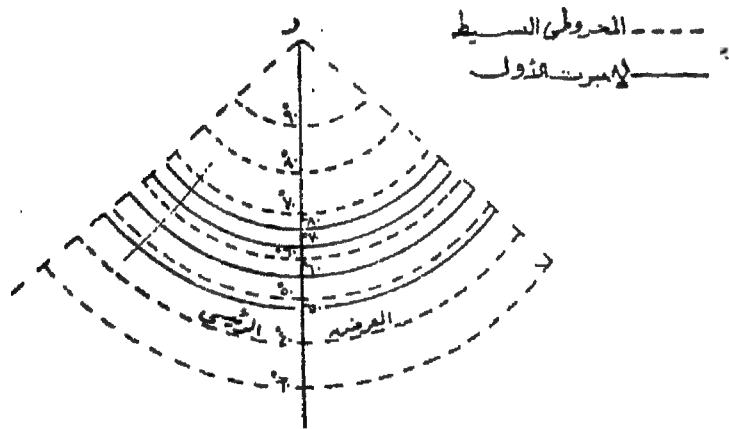
المساقط المخروطية الثلاثة السابقة تعطى مساحات على سطح الخريطة أكبر من المساحات المناظرة على سطح الأرض .

ولإنشاء مسقط مخروطي متساوي المساحات يتبع إحدى الطرق الثلاثة الآتية :

الطريقة الأولى

نبدأ بمخروط القياس الذي يحدد قيمة زاوية الرأس كما يحدد قيمة نصف قطر دائرة العرض الرئيسي .

ثم تعدل المسافات بين أقواس العرض وتصبح غير مساوية للمسافات الأصلية على سطح الأرض ولكن بحيث تكون المساحة على الخريطة مساوية للمساحة المناظرة على سطح الأرض .



شكل ٨٨

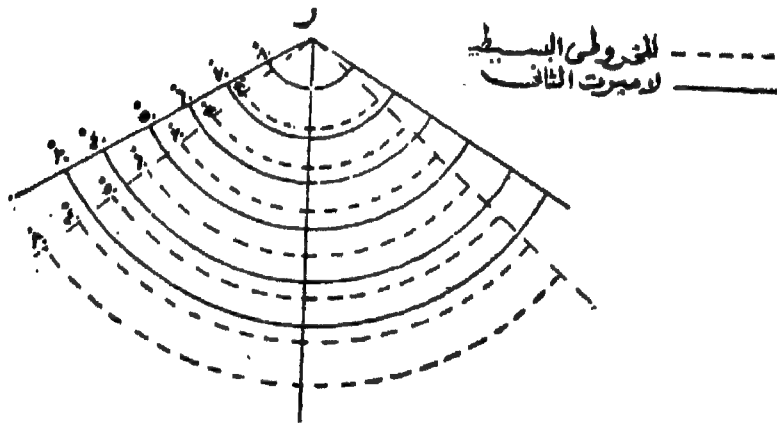
ويسمى المسقط الناتج بهذه الطريقة مسقط لامبرت المخروطي متساوي المساحات (الحالة الأولى) .

الطريقة الثانية

يتم اختيار مخروط افتراضي مخالف للمخروطي القياسي بحيث يعطى طولاً

لقوس دائرة العرض الرئيسى مساوياً لنظيره على سطح الأرض وأيضاً تكون المساحة على المسقط للقطاع الدائرى الذى مركزه رأس المخروط وقوس دائرته هو العرض الرئيسى مساوية للمساحة على سطح الأرض للطاقيـة الكروية التى يحدها العرض الرئيسى . كما ترسم دوائر العرض الأخرى بحقة الخاصة بالمساحات المتساوية .

فى هذه الطريقة تكون زاوية رأس المخروط الافتراضى أكبر من زاوية رأس مخروط التماس ولكن يكون نصف قطر دائرة العرض الرئيسى فى المخروط الافتراضى أصغر من نصف قطر دائرة العرض الرئيسى فى مخروط التماس .

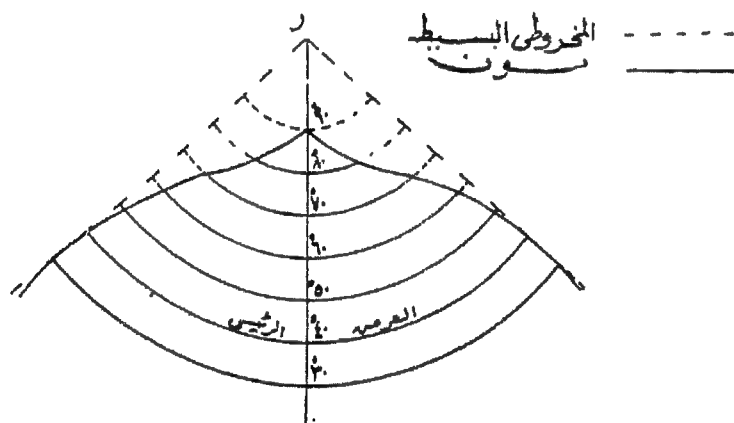


شكل ٨٩

ويسمى المسقط الناتج بهذه الطريقة مسقط لامبرت المخروطى متساوى المساحات (الحالة الثانية)

الطريقة الثالثة

في هذه الطريقة تتم الخطوات المتبعة في رسم المسقط المخروطي البسيط والخاصة بتحديد نية أنصاف أقطار دوائر العرض ثم تمديد أطوال أقواس دوائر العرض حتى تصبح مساوية لأطوالها الحقيقية على سطح الأرض وبذلك تكون المساحة على المسقط مساوية للمساحة المناظرة على سطح الأرض .



شكل ٩٠

ويسمى المسقط الناتج بهذه الطريقة مسقط بون

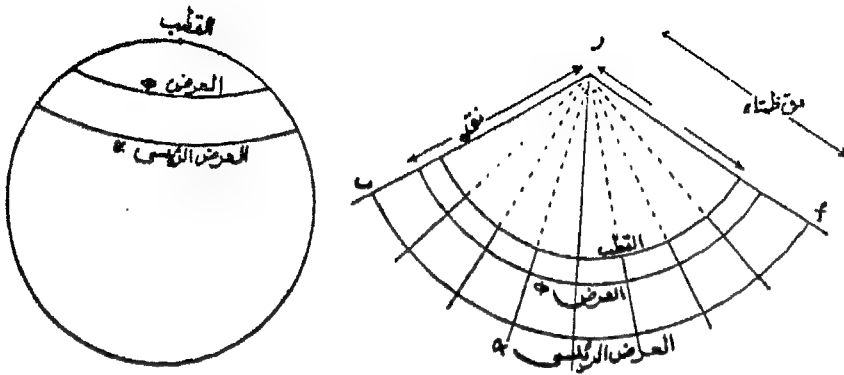
٥ - مسقط لامبرت المخروطي متساوي المساحات

(الحالة الأولى)

طريقة الإنشاء

١ - نرسم خطاً رأسياً يمثل خط الطول الأوسط ، ونأخذ عليه نقطة ر تمثل رأس المخروط .

- ١٥٩ -



شكل ٩١

٢ - ترسم ضلعى الزاوية θ بحيث ينصفها خط الطول الأوسط .
والزاوية θ تمثل عدد الدرجات الطولية المطلوب رسمها

$$\theta = ٣٦٠^\circ \text{ حـ } \alpha \quad \text{إذا كان المسقط يمثل } ٣٦٠^\circ \text{ طوليه .}$$

$$\theta = \lambda \text{ حـ } \alpha \quad \text{إذا } \lambda \text{ طوليه .}$$

٣ - ترسم دائرة العرض الرئيسى α من المركز ر بنصف قطر يساوى
نقطة α ليقابل ضلعى الزاوية θ فى المنطقتين ، ب ، ف .

٤ - يقسم القوس ا ب إلى عدد من الأقسام المتساوية ونصل بين نقط
التقسيم والنقطة ر نحصل على خطوط الطول .

٥ - ترسم أقواس دوائر العرض الأخرى من المركز ر بحيث تكون
المساحة على المسقط مساوية للمساحة المنظرة على سطح الأرض . يتم إيجاد
نصف قطر دائرة العرض ϕ كما يلى :

- ١٦٠ -

(١) مساحة القطاع الدائري الذي مركزه ر وقوسه يمثل العرض الرئيسي

$$= \frac{\tau}{180} \times \theta \times \left(\text{نق ظنا } \alpha \right)^2$$

(ب) مساحة القطاع الدائري الذي مركزه ر وقوسه يمثل العرض ϕ

$$\text{وقيمة نصف قطره نق} = \frac{\tau}{180} \times \theta \times \left(\text{نق} \phi \right)^2$$

(ج) المساحة المحصورة بين القطاعين

$$= \frac{\tau}{180} \times \theta \times \left(\text{نق}^2 \text{ظنا } \alpha - \text{نق}^2 \phi \right)$$

(د) المساحة المناظرة على سطح الأرض = τ ط نق $(\text{جا } \phi - \text{جا } \alpha)$

(هـ) المساحة على المسقط تساوي المساحة على سطح الأرض

$$\tau \times \left(\text{نق}^2 \text{ظنا } \alpha - \text{نق}^2 \phi \right) = \tau \times \left(\text{جا } \phi - \text{جا } \alpha \right)$$

$$\text{نق}^2 \phi = \text{نق}^2 \text{ظنا } \alpha - \frac{360}{\theta} \times \tau \times (\text{جا } \phi - \text{جا } \alpha)$$

وبالتعويض عن $\frac{\theta}{360}$ بقيمة ثابت المخروط = $\text{جا } \alpha$

$$\text{نق}^2 \phi = \left(\frac{\phi}{\alpha} \text{جا } \alpha - \tau + \alpha \text{ظنا } \alpha \right) \text{نق}^2$$

- ١٦١ -

$$\text{نق} = \sqrt{\frac{\text{جا } \alpha}{\alpha} (2 - 2 + \alpha^2 \text{ ظنا})}$$

مثال:

مسقط لامبرت المخروطي متساوي المساحات (الحالة الأولى) بمقياس
١ : ٢٥ مليون وفيه العرض الرئيسي ٥٥° شمال ويمثل ٨٠° طوله

$$\text{نق} = ٢٥٤٨ \text{ سم}$$

$$\theta = ٨٠ \text{ جا } ٥٥ = ٦٥٥٢٢^\circ$$

$$\text{نق}_\theta = \text{نق ظنا } ٥٥ = ١٧٨٤١٢ \text{ سم}$$

$$\text{نق}_1 = \sqrt{\frac{\text{جا } ٦٠}{٥٥} (2 - 2 + ٥٥^2 \text{ ظنا})} = ٢٥٤٨$$

$$= ١٥٢٦٢٠٩ \text{ سم}$$

$$\text{نق}_2 = \sqrt{\frac{\text{جا } ٦٥}{٥٥} (2 - 2 + ٥٥^2 \text{ ظنا})} = ٢٥٤٨$$

$$= ١٣٢٤٢٢٣ \text{ سم}$$

$$\text{نق}_3 = \sqrt{\frac{\text{جا } ٥٠}{٥٥} (2 - 2 + ٥٥^2 \text{ ظنا})} = ٢٥٤٨$$

$$= ٢٠٢٠٦٢٣ \text{ سم}$$

- ١٦٢ -

$$\frac{45}{55} \times \sqrt{20048} = \text{نق.} \quad \text{ظنا } 55^2 + 2 - 2 = \frac{45}{55}$$

$$= 2252692 \text{ م}$$

٦ - مسقط لامبرت المخروطى من اولى الاحاط

(الحالة الثانية)

يعالج هذا المسقط الهندسية الواضح في الحالة الاولى والذي يتزايد في خطوط العرض عند ابتعادها عن العرض الرئيسى حتى تظهر نقطة القطب على شكل قوس دائرة .

في هذا المسقط تؤخذ نقطة رأس المخروط لتمثل نقطة القطب ويتم اختيار مخروط يحقق الشرطين الآتيين :

١ - طول القوس الذى يمثل دائرة العرض الرئيسى يساوى طول هذه الدائرة على سطح الارض .

ب - المساحة على المسقط من رأس المخروط الى قوس دائرة العرض الرئيسى تساوى المساحة على سطح الارض بين دائرة العرض الرئيسى والقطب .

هذان الشرطان يمتطيان خصائص المخروط المطلوب

فإذا كانت زاوية الرأس α ونصف قطر القوس المرسوم به دائرة العرض الرئيسى α

- ١٦٣ -

يكون طول القوس الذي يمثل دائرة العرض الرئيسي على المسقط مساويا لمحيط دائرة العرض الرئيسي على سطح الأرض

$$2\pi R \cos \alpha = \frac{\pi}{180} \times 360 \times R \cos \alpha$$

$$(1) \quad \cos \alpha = \frac{360}{360} = 1$$

ويكون المساحة من رأس المخروط إلى قوس دائرة العرض الرئيسي على المسقط مساوية للمساحة المناظرة على سطح الأرض

$$\frac{1}{2} \times \pi R^2 \sin^2 \alpha = \frac{\pi}{180} \times 360 \times R^2 \sin^2 \alpha$$

$$(2) \quad \sin^2 \alpha = \frac{360}{360} \sin^2 \alpha$$

لإختصار المعادلتين (1) و (2) نتخذ الرمز $x = 90^\circ - \alpha$ ونسمى زاوية x متمم العرض .

تصبح المعادلة (1)

$$\cos \alpha = \frac{360}{360} \cos \alpha$$

$$(2) \quad \frac{x}{2} \times \frac{x}{2} \times \frac{360}{\pi} = \frac{x}{2} \times \frac{x}{2} \times \frac{360}{\pi}$$

- ١٦٤ -

ونصبح المعادلة (٢)

$$\sin^2 \alpha = 2 \times \frac{360}{\theta} \times \sin^2 (1 - \text{جنا} \times)$$

$$(4) \quad \frac{x}{2} \times 2 \times \sin^2 \frac{360}{\theta} \times 2 =$$

وبقسمة المعادلة (٤) على المعادلة (٣) ينتج

$$(5) \quad \sin^2 \alpha = \frac{x}{2} \times 2 \times \sin^2 \frac{360}{\theta}$$

$$(6) \quad \sin^2 \alpha = \frac{x}{2} \times 2 \times \sin^2 \frac{360}{\theta} = \frac{\phi}{360}$$

ولإيجاد نصف قطر دائرة العرض ϕ نطبق شرط تساوى المساحات

$$\frac{1}{2} \times \phi^2 \times \frac{\pi}{180} = 2 \times \pi \times (1 - \text{جنا} \times)$$

وباستخدام الزمر $\psi = 90^\circ - \phi$ أى أن ψ تتمم ϕ نجد أن

$$\frac{\psi}{2} \times 2 \times \sin^2 \frac{360}{\theta} = \frac{\phi^2}{2}$$

- ١٦٥ -

$$= \frac{\frac{\psi}{2} \text{ حـ}^2}{\frac{\psi}{2} \text{ حـ}^2} \text{ نق}^2$$

$$\text{ومنها نق}^2 = 2 \text{ نق حـ} \frac{\psi}{2} \text{ قـ} \frac{x}{2}$$

طريقة الإنشاء.

مائلة تماما لباقي المساط المخروطية

مثال

مسقط لامبرت المخروطى متساوى المساحات (الحالة الثانية) بقياس
١ : ١٢٥٠ مليون وفيه العرض الرئيسى ٤٨° شمال والإتساع الطولى
للمسقط ١٤٠°

$$\text{نق} = ٥٠٩٦ \text{ سم}$$

$$\text{منتم العرض الرئيسى} = ٤٢°$$

$$\text{ثابت المخروط} = \frac{٤٢}{2} \text{ جتا} = ٠.٨٧١٥٧$$

$$\text{زاوية الرأس} = ١٤٠ \times ٠.٨٧١٥٧ = ١٢٢.٠٢٠°$$

$$\text{نق} ٤٨ = 2 \text{ نق ظا} \frac{٤٢}{2} = ٣٩١٢٣٤ \text{ سم}$$

$$\text{نق} ٤٤ = 2 \text{ نق حـ} \frac{٤٦}{2} \text{ قـ} \frac{٤٢}{2} = ٤٢٦٥٦٥ \text{ سم}$$

$$\text{نق } ٥٢ = ٢ \text{ نق حـا } \frac{٢٨}{٢} \text{ فـما } \frac{٤٢}{٢} = ٣٥٠٥٤٢٦ - \text{م}$$

٧ - مسقط بون المخروطى متساوى المساحات

يشبه هذا المسقط في طريقة إنشائه المسقط المخروطى البسيط ، فيما عدا أن الأقواس التي تمثل خطوط العرض لا تمتد بين ضلعي الزاوية المحددة للمسقط ، ولكن كل قوس على حدة يساوى في طوله طول دائرة العرض المناظرة له على سطح الأرض . بهذا تكون المساحات على المسقط مساوية للـاحات على سطح الأرض.

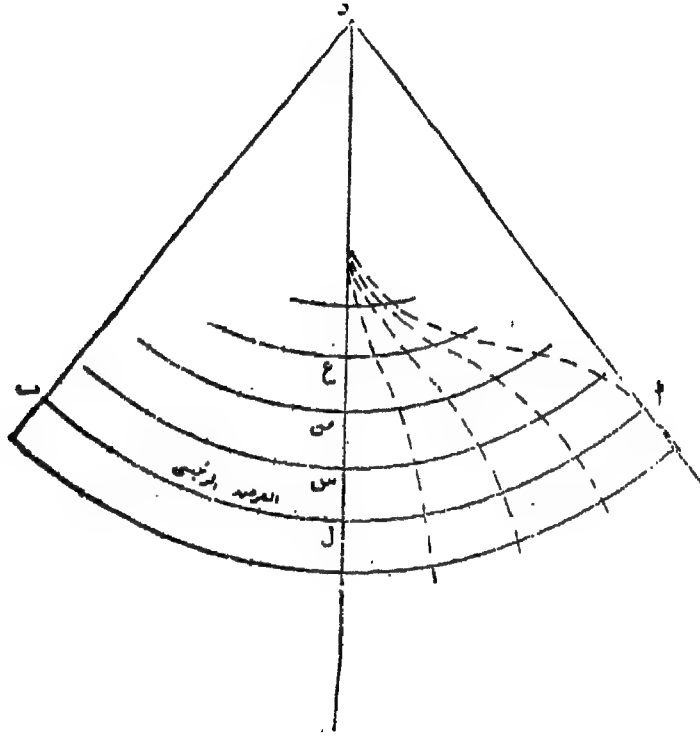
إذا تتبعنا أحد خطى الطول المحددين للمسقط وهو الخط الذى يصل بين نقطتى نهايات أقواس دوائر العرض نجد أن شكله يكون منحنياً . وستأخذ باقى خطوط الطول أشكالاً منحنية مشابهة .

يستخدم هذا المسقط فى خرائط الأطلس وخرائط الحائط لتمثيل أوروبا ، آسيا ، أمريكا الشمالية وأستراليا . كما يستخدم لتمثيل مناطق كبيرة متوالة فى الموقع بين القطب والامتواء مثل الاتحاد السوفيتى .

يعطى مسقط بون صورة تشبه خطوط الطول والعرض أقرب إلى الحقيقة من مسطى لامبرت المخروطيين اللذين يظهران خطوط الطول على هيئة خطوط مستقيمة مع أن شكلها الحقيقى على الأرض يكون مستديراً .

- ١٦٧ -

طريقة الإنشاء



شكل ٩٢

١ - نرسم خطا رأسيا يمثل خط الطول الأوسط وتأخذ عليه نقطة ر تمثل رأس المخروط .

٢ - نرسم ضلعي الزاوية θ بحيث ينصفها خط الطول الأوسط .

والزاوية θ تمثل عدد الدرجات الطولية (λ) المطلوب تمثيلها

$\theta = \lambda$ حـا α حيث α هو العرض الرئيسي

٢ - رسم دائرة العرض الرئيسى α من المركز α بنصف قطر يساوى تق طنا α يقابل ضلعى الزاوية θ فى α ، ب .

٤ - يقسم القوس α إلى عدد من الأقسام المتساوية .

وتمثل نقط التقسيم تقاطعات خطوط الطول مع دائرة العرض الرئيسى .

٥ - من نقطة تقاطع خط الطول الأوسط مع دائرة العرض الرئيسى (ل) تأخذ المسافات ل س ، ل ص ، ل ع ، ... تساوى الأبعاد الحقيقية على سطح الأرض الكروى بين دوائر العرض المختلفة . ودائرة العرض الرئيسى .

ومن المركز α وبأصاف أقطار مساوى رس ، ر ص ، ر ع ، ... رسم أقواس دوائر العرض .

٦ - نحدد نهائى كل قوس من دوائر العرض بحيث يكون طول القوس مساويا للطول الحقيقى لهذه الدائرة على سطح الأرض .

يتم هذا التحديد من العلاقة الرياضية السابق ذكرها كما يلى :

طول القوس على المسقط = الطول المناظر على سطح الأرض .

الزاوية عند مركز القوس \times نصف القطر على المسقط

= الزاوية \times نصف القطر على الأرض

$$\phi^{\theta} \times \text{تق} = \lambda \times \text{تق حتا} \phi$$

$$\frac{\phi^{\theta} \times \text{تق حتا} \phi}{\text{تق} \phi} = \phi^{\theta}$$

٧ - يقسم كل قوس يمثل دائرة عرص على حدة أقساماً متساوية .

٨ - نصل نقاط التقسيم المتناظرة فنحصل على خط الطول .

مثال

مسقط برن بمقياس ١ : ٧١ مليون وفيه العرض الرئيسي ٤٠° شمال والإتساع الطولي للمسقط ١٦٠°

$$\psi = ٨٤٩٢٣٣ \text{ سم}$$

$$\psi_{٤٥} = \psi \text{ ظل } ٤٥ = ٨٤٩٢٣٣ \text{ سم}$$

$$\psi_{٤٥} = ١٦٠ - ٤٥ = ١١٣١٣٧$$

$$\psi_{٢} = \text{عرضية على سطح الارض} = \frac{\psi}{١٨٠} \times ٢ = ٤٤٤٧١ \text{ سم}$$

$$\psi_{٤٢} = ٨٤٩٢٣٣ + ٤٤٤٧١ = ٨٩٣٨٠٤ \text{ سم}$$

$$\psi_{٤٢} = \frac{١٦٠ \text{ من } ٤٢}{٨٩٣٨٠٤} = ١١٢٩٨٧$$

$$\psi_{٢٩} = ٨٩٣٨٠٤ + ٤٤٤٧١ = ٩٣٨٢٧٥ \text{ سم}$$

$$\psi_{٢٩} = \frac{١٦٠ \text{ من } ٢٩}{٩٣٨٢٧٥} = ١١٢٥٥٦$$

- ١٧٠ -

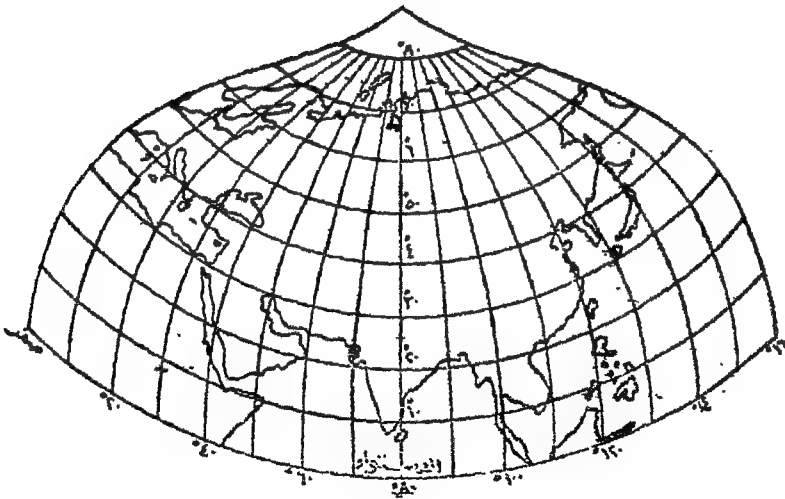
$$\text{س} ٤٨ = ٨٤٩٣٣٣ - ٤٢٤٤٧١ = ٨٠٥٨٦٢$$

$$١١٢٩٧٦ \cdot \frac{٤٨ \times ١٦٠}{٨٠٥٨٦٢} = ٤٨^\circ$$

$$\text{س} ٥١ = ٨٠٥٨٦٢ - ٤٢٤٤٧١ = ٣٨١٠٧١$$

$$١١٢٩٧٦ = \frac{٥١ \times ١٦٠}{٣٨١٠٧١} = ٥١^\circ$$

ر



شكل ٩٣

قارة آسيا على مسقط برن . العرض الرئيسي ٤٠° شمال

ونفرض أن نصف قطر قوس دائرة العرض الرئيسى β على المقياس $= \tau\beta$

ونفرض أن زاوية رأس المخروط الذى يحقق المسقط $= \theta$

طول القوس الأول على المقياس $=$ طول محيط دائرة العرض α على سطح الأرض

$$\tau = \frac{\theta}{180} \times \tau\alpha = \tau\beta \quad \text{طى نق جتا } \alpha$$

$$(1) \quad \tau\alpha = \frac{360}{\theta} \text{ نق جتا } \alpha$$

$$(2) \quad \tau\beta = \frac{360}{\theta} \text{ نق جتا } \beta \quad \text{وبالمثل}$$

وأضربنا المساحة على المسقط بين القوسين α ، β = المساحة المناظرة على سطح الأرض

$$(3) \quad \frac{\theta}{180} \times \tau\alpha \times \tau\beta = (\tau\alpha - \tau\beta)^2 \text{ نق جتا } \alpha \text{ جتا } \beta$$

نعمض عن $\tau\alpha$ ، $\tau\beta$ فى المعادلة (3) بما يساويها من المعادلتين (1)، (2) وينتج أن

$$\frac{360}{\theta} \tau^2 (\text{جتا } \alpha - \text{جتا } \beta) = (\tau\alpha - \tau\beta)^2 \text{ نق جتا } \alpha \text{ جتا } \beta$$

$$\frac{\text{جتا } \alpha - \text{جتا } \beta}{(\tau\alpha - \tau\beta)^2} = \text{ثابت المخروطى} = \frac{\theta}{360}$$

- ١٧٢ -

$$\frac{\alpha^2 \text{ جا} - \beta^2 \text{ جا}}{(\alpha \text{ جا} - \beta \text{ جا})^2} =$$

$$\frac{\alpha \text{ جا} + \beta \text{ جا}}{2} = \text{ث}$$

وبالرجوع الى المعادلتين (١) ، (٢) نجد أن

$$\frac{\text{نق جتا } \alpha}{\text{ث}} = \text{نق } \alpha$$

$$\frac{\text{نق جتا } \beta}{\text{ث}} = \text{نق } \beta$$

ومن العلاقات الثلاثة السابقة يمكن رسم منحروط المسقط وكذلك أقواس دائرة العرض الرئيسيين ..

ولرسم أقواس دوائر العرض الأخرى نرمز لنصف قطر دائرة العرض ϕ بالرمز نق ϕ

وتتكون المساحة على المسقط بين قوسى دائرتى العرض ϕ ، β (مثلا) مساوية للمساحة المناظرة على سطح الأرض - أى أن

$$\frac{\text{ط}}{180} \times \phi \times \frac{1}{2} = (\text{نق } \beta - \text{نق } \phi) \times \text{ط نق } \phi$$

$$(\beta \text{ جا} - \phi \text{ جا}) \frac{\text{نق } \phi}{\text{ث}} = \text{نق } \beta - \text{نق } \phi$$

$$\sqrt{\text{نق } \beta - \text{نق } \phi} = \frac{(\beta \text{ جا} - \phi \text{ جا}) \frac{\text{نق } \phi}{\text{ث}}}{\text{نق } \phi}$$

- ١٧٤ -

طريقة الإنشاء

يرسم المسقط المخروطى متساوى المساحات بعرضين رئيسيين بنفس الطريقة المتبعة فى رسم المسائط المخروطية .

مثال: مسقط البرز بعرضين رئيسيين 55° و 70° شمال بمقياس ١ : ١٠ مليون - يمثل ١٠٠ درجة طولية

نق = ٦٣٧٠ سم

$$\text{ثابت المخروط ث} = \frac{\text{جاء } 55 + 70}{2} = 87.5$$

$$\text{قيمة زاوية الرأس} = 100 \times \text{ث} = 8750$$

$$\text{نصف قطر قوس دائرة العرض } 55^\circ = \frac{\text{نق جتا } 55}{\text{ث}} = 41546 \text{ سم}$$

$$\text{نصف قطر قوس دائرة العرض } 70^\circ = \frac{\text{نق جتا } 70}{\text{ث}} = 24774 \text{ سم}$$

نصف قطر قوس دائرة العرض 75°

$$19279 = \sqrt{\frac{(6370)^2}{8750} - (24774)^2} \quad \checkmark$$

وبالمثل نصف قطر قوس دائرة المرض $65^\circ = 3.362$ م.

, 252977 = 0. , , , , ,

٩ - المسقط المخروطي التشابهي

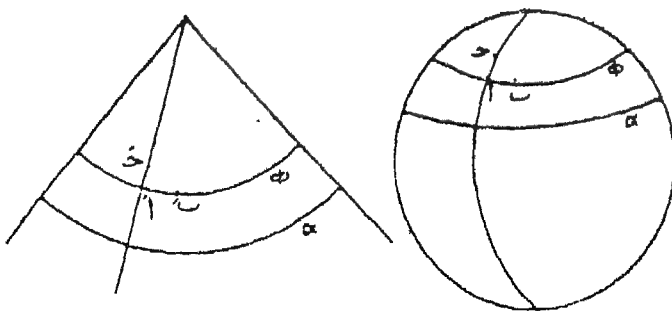
;

مسقط لامبرت المخروطي الشاهي

خاصية التشابه في هذا المخطط تحقق التعمد بين خطوط الطول ودوائر العرض كما تعطى تناهبا في الأبعاد المرسومة على المخطط مع نظائرها على سطح الأرض.

في هذا المخطط يرسم مخروط بمائل تماماً لمخروط التماس أى أن زاوية رأس المخروط $\theta = 36.0^\circ$ حيث α هو العرض الرئيسي

ويكون نصف القطر r على المسقط لقوس دائرة العرض الرئيسي
 $\alpha = \text{انق ظا} \alpha$ كما في حالة منحروط النحاس .



ش-کل ۹۵

- ١٧٦ -

وترسم أقواس دوائر العرض بحيث تكون مراكزها عند رأس المخروط
وبحيث تحقق خاصية التشابه - أي بحيث تغطي تناسباً في الأبعاد

نفرض أن A, B نقطتان على دائرة العرض ϕ على سطح الأرض وتبعدان
عن بعضهما بزاوية طول صغيرة مقدارها $\Delta \lambda$.

نفرض نقطة C على خط طول λ وتبعد عن A بزاوية عرض صغيرة
مقدارها $\Delta \phi$.

ونفرض أن A', B', C' هي مسافات النقط A, B, C .

ونفرض أن قيمة نصف قطر دائرة العرض ϕ على المسقط = r

$$A' = r \sin \phi \cdot \Delta \lambda$$

$$B' = r \cos \phi \cdot \Delta \lambda$$

$$C' = r \sin \phi \cdot \Delta \lambda$$

$$A' = r \cos \phi \cdot \Delta \lambda$$

$$\Delta \theta = \Delta \phi \cdot \cos \phi$$

للتشابه بين الخريطة وسطح الأرض يكون

$$\frac{A'}{A} = \frac{B'}{B}$$

- ١٧٧ -

$$\frac{\theta \Delta \cdot \text{سر}}{\lambda \Delta \cdot \phi \text{ جتا}} = \frac{\text{سر} \Delta -}{\phi \Delta \text{ نق}}$$

وبالتعويض عن $\theta \Delta = \lambda \Delta \alpha$ حا = ينتج أن

$$\phi \Delta \cdot \phi \text{ قا} \approx \frac{\phi \Delta \cdot \phi \text{ حا}}{\phi \text{ جتا}} = \frac{\text{سر} \Delta -}{\text{سر}}$$

$$\phi \text{ قا} \cdot \phi \text{ حا} = \left[\alpha \text{ حا} - \frac{\text{سر}}{\text{سر}} \right] \text{نق} \phi \text{ نق}$$

وباجراء التكامل

$$\phi \left[\frac{\phi}{\gamma} + 10 \right] \alpha \text{ حا} = \left[\text{سر} \right] \text{نق} \phi \text{ نق}$$

$$\alpha \text{ حا} - \frac{\phi}{\left[\frac{(\frac{\phi}{\gamma} + 10) \text{ ظا}}{(\frac{\alpha}{\gamma} + 10) \text{ ظا}} \right]} = \frac{\phi \text{ نق}}{\alpha \text{ نق}}$$

$$\alpha \text{ حا} - \frac{\phi}{\left[\frac{(\frac{\phi}{\gamma} + 10) \text{ ظا}}{(\frac{\alpha}{\gamma} + 10) \text{ ظا}} \right]} \alpha \text{ نق} = \phi \text{ نق}$$

- ١٢٨ -

$$\alpha \text{ جا } \left[\frac{\left(\frac{\alpha}{\gamma} + ٤٥ \right) \text{ ظا}}{\left(\frac{\phi}{\gamma} + ٤٥ \right) \text{ ظا}} \right] \alpha \text{ نق} = \phi \text{ نق}$$

ومن هذه العلاقة نحدد قيم الانصاف اقطار أقواس دوائر العرض

مثال: مسقط مخروطي تشابهي بمقياس ١ : ٧ مليون ، فيه العرض الرئيسي ٤٠° شمال والاتساع الطولي ٨٠ درجة .

$$\text{نق} = ٨٤٩٣٣٣ \text{ سم}$$

$$\text{زاوية رأس المخروط } \theta = ٨٠ \times \text{جا } ٤٠ = ٥١٤٢٣^\circ$$

$$\text{نق.} = \text{نق ظلنا } ٤٠ = ١٠١٢١٩٦ \text{ سم}$$

$$\text{نق.} = \text{نق.} = ١٠٨٦٤١ \text{ سم} = \left[\frac{\left(\frac{٤٠}{\gamma} + ٤٥ \right) \text{ ظا}}{\left(\frac{٣٥}{\gamma} + ٤٥ \right) \text{ ظا}} \right] \text{جا } ٤٠$$

$$\text{نق.} = \text{نق.} = ٩٣٧٩٨٢ \text{ سم} = \left[\frac{\left(\frac{٤٠}{\gamma} + ٤٥ \right) \text{ ظا}}{\left(\frac{٤٥}{\gamma} + ٤٥ \right) \text{ ظا}} \right] \text{جا } ٤٠$$

- ١٧٩ -

$$\text{نق.} = \text{نق.} \quad \text{ح.} \quad \text{ظا} \quad \left[\frac{\left(\frac{40}{2} + 45 \right)}{50} \right] = 86.3170 \text{ سم}$$

تحويل للعلاقات في المثلث

يمكن باستخدام متجهات زوايا العرض الوصول الى صورة مبسطة للعلاقة
التي تعطى قيمة نصف القطر ϕ .

$$x - 90 = \alpha \quad \text{أى} \quad x \text{ تتم العرض } \alpha$$

$$\psi - 90 = \phi \quad \text{أى} \quad \psi \text{ د د } \phi$$

$$\alpha \text{ ح.} \quad \left[\frac{\left(\frac{x - 90}{2} + 45 \right)}{\left(\frac{\psi - 90}{2} + 45 \right)} \right] \quad \text{ظا} \quad \text{نق} = \phi \text{ نق} \alpha$$

$$\alpha \text{ ح.} \quad \left[\frac{\left(\frac{x}{2} - 90 \right)}{\left(\frac{\psi}{2} - 90 \right)} \right] \quad \text{ظا} \quad \text{نق} = \alpha$$

$$\alpha \text{ ح.} \quad \left[\frac{\frac{\psi}{2}}{\frac{x}{2}} \right] \quad \text{ظا} \quad \text{نق} = \phi \text{ نق} \alpha$$

١٠ — المسقط المخروطى التشابى بمرضين رئيسيين

هذا المسقط يماثل المسقط المخروطى التشابى بمرض رئيسى واحد وذلك فى طريقة الإنشاء .

فى المسقط المخروطى التشابى بمرض رئيسى واحد يكون طول قوس العرض الرئيسى على الخريطة مساويا لنظيره على سطح الأرض . أما باقى أقواس دوائر العرض المرسومة على الخريطة فتكون أطول من نظيراتها على سطح الأرض وهذه الزيادة فى أطوال أقواس دوائر العرض تكون تقريبا متناسبة كلما ابتعدنا عن العرض الرئيسى .

وعلى ذلك لو قمنا بتصغير مقياس رسم المسقط المخروطى بمرض رئيسى واحد بنسبة معينة أمكن الوصول الى عرضين أحدهما شمال العرض الرئيسى والآخر جغريه ، ويكونان مساويان فى طوليهما للعرضين المتساويين على سطح الأرض . فى هذه الحالة تكون أطوال أقواس دوائر العرض المرسومة على الخريطة بين هذين العرضين أقصر من الأقواس المناظرة على سطح الأرض .

للتعرف على العلاقات التى تحدد شكل المسقط نبدأ بالعلاقات الخاصة بالمسقط المخروطى بمرض رئيسى واحد α .

تكون زاوية الرأس $\theta = \lambda$ حـ α

ويكون $\text{نق} = \text{نق} \alpha$

$$\varphi - 90 = \psi \quad \text{حيث} \quad \psi = \left[\frac{\frac{\varphi}{2}}{\frac{\lambda}{2}} \right] \quad \text{نق} = \text{نق} \alpha$$

$$\alpha - 90 = \lambda \quad \text{و} \quad \psi = \frac{\varphi}{\lambda}$$

نفرض أننا نقوم بتصغير مقياس الرسم بالمعامل k وبذلك نصل الى عرضين ϕ_1, ϕ_2 مساويان في طوإيها لنظيريهما على الأرض .

$$(١) \quad \left[\frac{\frac{\psi_1}{2}}{\frac{x}{2}} \right] \alpha \text{ نق} = k \text{ نق} \phi_1 = \text{النقطة الجديدة}$$

$$\text{حيث } \psi_1 = 90 - \phi_1$$

$$(٢) \quad \left[\frac{\frac{\psi_2}{2}}{\frac{x}{2}} \right] \alpha \text{ نق} = k \text{ نق} \phi_2 = \text{النقطة الجديدة}$$

$$\text{حيث } \psi_2 = 90 - \phi_2$$

طول قوس دائرة عرض رئيسي على الخريطة = طول القوس المناظر على الأرض

$$\psi = \left[\frac{\frac{\psi}{2}}{\frac{x}{2}} \right] \alpha \text{ نق} \times \frac{\pi}{180} \times \theta$$

$$(٣) \quad \psi = \text{ط نق جا } \psi$$

- ١٨٢ -

$$\alpha \text{ جا } \frac{\psi}{2} = \left[\frac{\frac{\psi}{2}}{\frac{\pi}{2}} \right] \quad \theta \times \frac{\pi}{180} \times \text{ك نق } \alpha$$

$$(٤) \quad \psi^- \text{ ط نق جا } \psi =$$

$$\frac{\alpha \text{ جا } \frac{\psi}{2}}{\psi \text{ جا } \frac{\psi}{2}} = \left[\frac{\frac{\psi}{2}}{\frac{\psi}{2}} \right] \quad \text{وبالقيسة ينتج أن}$$

وبأخذ اللوغاريتمات

$$\frac{\frac{\psi}{2} \text{ لو جا } \frac{\psi}{2} - \frac{\psi}{2} \text{ لو جا } \frac{\psi}{2}}{\frac{\psi}{2} \text{ لو ظا } \frac{\psi}{2} - \frac{\psi}{2} \text{ لو ظا } \frac{\psi}{2}} = \alpha \text{ جا}$$

ومن هذه العلاقة تتحدد قيمة زاوية الرأس ومنها أيضا تتحدد قيمة

$$\text{نق } \alpha = \text{نق ظنا } \alpha$$

ومن المعادلة (٣) أو (٤) نحصل على قيمة المعامل ك وذلك بعد استبدال

$$\alpha = \frac{\theta}{360} \quad (\text{ثابت المخروط})$$

- ١٨٢ -

$$\alpha \text{ حـا } \left[\frac{\frac{\psi}{\gamma} \text{ ظا}}{\frac{x}{\gamma} \text{ ظا}} \right] \alpha \text{ نق ظنا } \times \text{ك} \times \frac{\text{ط}}{180} \times \theta$$

$$\gamma \text{ ط نق حـا } \psi =$$

$$\alpha \text{ حـا } \left[\frac{\frac{x}{\gamma} \text{ ظا}}{\frac{\psi}{\gamma} \text{ ظا}} \right] \frac{\psi \text{ حـا}}{x \text{ حـا}} = \text{ك}$$

$$\alpha \text{ حـا } \left[\frac{\frac{x}{\gamma} \text{ ظا}}{\frac{\psi}{\gamma} \text{ ظا}} \right] \frac{\psi \text{ حـا}}{x \text{ حـا}} \text{ وتساوي أيضا}$$

ومن المعادلة (١) نحصل على

$$\frac{\psi \text{ حـا}}{x \text{ حـا}} \cdot \alpha \text{ نق} = \text{نق} \psi$$

$$\frac{\psi \text{ حـا}}{x \text{ حـا}} \cdot \alpha \text{ نق} = \text{نق} \psi \text{ (٢) ومن المعادلة}$$

ونحصل على نصف قطر قوس أى دائرة العرض $\phi = \text{لـ نق} \psi$

— ١٨٤ —

$$\alpha \text{ حـ} \left[\begin{array}{c} \text{ظا } \frac{\psi}{2} \\ \text{ظا } \frac{\psi}{2} \end{array} \right] \cdot \frac{\alpha \text{ حـ}}{x} = \left[\begin{array}{c} \text{ظا } \frac{\psi}{2} \\ \text{ظا } \frac{\psi}{2} \end{array} \right] \alpha \text{ نق} =$$

$$\alpha \text{ حـ} \left[\begin{array}{c} \text{ظا } \frac{\psi}{2} \\ \text{ظا } \frac{\psi}{2} \end{array} \right] \cdot \alpha \text{ نق} = \left[\begin{array}{c} \text{ظا } \frac{\psi}{2} \\ \text{ظا } \frac{\psi}{2} \end{array} \right] \alpha \text{ نق} \text{ كما يسارى أيضا نق} \cdot \alpha \text{ حـ}$$

مثال : مسقط مخروطى تشابهى بعرضين رئيسيين هما ٤٤ ، ٦٠ ° شمال
بقياس ١ : ١٠ مليون والاتساع الطولى ١٠٠ °

$$\text{نق} = ٦٣٧٠ \text{ سم}$$

$$\text{ثابت المخروط حـ} \alpha = \frac{\text{لو حـ } ٤٦ - \text{لو حـ } ٣٠}{\text{لو ظا } \frac{٤٦}{2} - \text{لو ظا } \frac{٣٠}{2}} = ٧٩٠٦١٣$$

$$\text{ومنها } \alpha = ٥٢٢٤٢٨$$

$$\text{زاوية رأس المخروط} = ١٠٠ \text{ حـ} \alpha = ٧٩٠٦١٣$$

$$\text{لو } \alpha = \text{لو ظا } \alpha = ٤٩٣٢٤٥ \text{ سم}$$

$$\text{لو } \alpha = ٤٤ \text{ حـ} \alpha = \frac{٤٦ \text{ حـ}}{٣٧٧٥٧٢} = ٥٧٩٥٧٤ \text{ سم}$$

- ١٨٥ -

$$\text{سم } ٤٠٢٨٥١ = \frac{٣٠٠ \text{ ج}}{٣٧٧٧٥٧٢ \text{ ج}} \alpha \text{ م} = ٦٠ \text{ م}$$

$$\text{سم } ٥٢٥٢٧٨ = \alpha \text{ ج} \left[\frac{\frac{٤٢ \text{ ظا}}{٢}}{\frac{٤٦ \text{ ظا}}{٢}} \right] ٤٤ \text{ م} = ٤٨ \text{ م}$$

$$\text{سم } ٤٩١١٩٩ = \alpha \text{ ج} \left[\frac{\frac{٣٨ \text{ ظا}}{٢}}{\frac{٤٦ \text{ ظا}}{٢}} \right] ٤٤ \text{ م} = ٥٢ \text{ م}$$

$$\text{سم } ٤٤٧١٣٢ = \alpha \text{ ج} \left[\frac{\frac{٣٤ \text{ ظا}}{٢}}{\frac{٤٦ \text{ ظا}}{٢}} \right] ٤٤ \text{ م} = ٥٦ \text{ م}$$

لإنشاء المساقط المخروطية بالمقاييس الكبيرة

باستخدام الاحداثيات المتعامدة

في الأمثلة السابقة أحسابها في المساقط المخروطية لم تتجاوز أوصاف أقطار
أقطار دوائر العرض طول المتر وذلك في المقاييس التي لا تزيد عن ١ : ١٠ مليون.

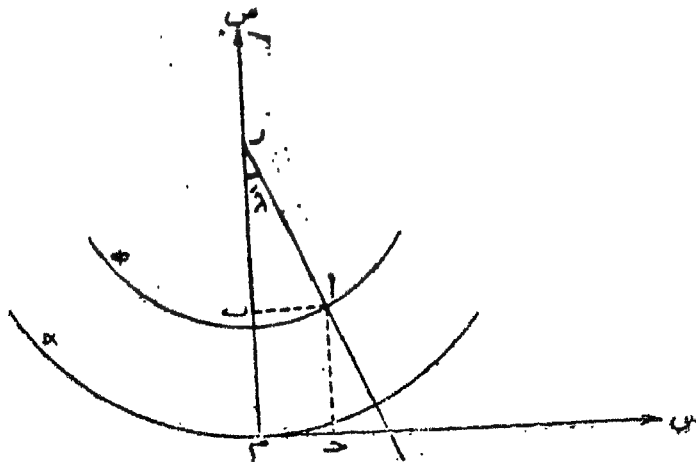
ولما كانت أدوات وأجهزة الرسم المتسادة تعجز عن رسم دوائر بأوصاف
أقطار كبيرة في حالة المقاييس الكبيرة ، ولرسم مسقط مخروطي بمقياس كبير
تستخدم طريقة التوقيع بالاحداثيات .

في تلك الحالة تعتبر أن سطح الخريطة لوحة مستوية بها محوران للاحداثيات x و y ونقوم بحساب احداثيات النقط التي تشكل الهيكل الجغرافي للنقط وهي نقط تقاطع خطوط الطول والعرض المطلوب بيانها على النقط. وفي النهاية نصل بين النقط المتناظرة على خطوط الطول والنقط المتناظرة على خطوط العرض فينتج الهيكل المطلوب.

إنشاء المسقط المخروطي البسيط

باستخدام الاحداثيات المتعامدة

نأخذ خط الطول الأوسط محورا للأحداث وتكون نقطة الأصل عند العرض الرئيسي α . ونأخذ محاور السينات عموديا على محور القصادات عند نقطة الأصل. النقطة a على المسقط تقع على العرض ϕ وعلى خط الطول الذي يبعد عن الطول الأوسط بزاوية λ على سطح الأرض ويقابلها على سطح الخريطة الزاوية λ' حيث $\lambda' = \lambda \cos \alpha$



شكل ٩٦

— ١٨٧ —

ونرمز إلى طول المسافة من رأس المخروط (ر) إلى العرض ϕ بالرمز $ق$

واضح أن الاحداثى السينى (س) للنقطة ١ = ϕ = $ق$ ، نق ϕ ح λ

والاحداثى الصادى (ص) للنقطة ١ = λ = $ق$ = $ر - ر$

$$= نق \alpha - نق \phi جتا \lambda$$

$$ص = نق \phi جتا \lambda - نق \phi جتا \lambda$$

مثال : مسقط مخروطى بسيط بمقياس ١ : ٢ مليون فيه العرض الرئيسى

٥٤° شمال والطول الأوسط ٤° غرب

$$\text{ثابت المخروط} = ح = ٥٤ = ٢ \times ٠.٠٨٠٩$$

$$\text{نصف قطر دائرة العرض الرئيسى} نق = نق ط = ٥٤ = ٢٣١٧٤.٠٤$$

المسافة القوسية على سطح الأرض التى تقابل ١° عرضية

$$= نق \times 1 \times \frac{\pi}{180} = ٠.٠٥٥٩$$

$$نق٣ = ٢٣١٧٤.٠٤ + ٠.٠٥٥٩ = ٢٣٦٧٩٦٣$$

$$نق٢ = ٢٣٦٧٩٦٣ + ٠.٠٥٥٩ = ٢٤٢٧٥٢٢$$

$$نق٠ = ٢٣١٧٤.٠٤ - ٠.٠٥٥٩ = ٢٢٥٧٨٤٥$$

$$٢٢٠٢٢٨٦ = ٥٥٥٩ - ٢٢٥٢٨٤٥ = ٥٦٦$$

$$\text{الطول } ٣^\circ \text{ غ } \lambda = ١ \quad ٠.٢٨٠٩٠٢ = ٠.٢٨٠٩٠٢ \times ١ = \lambda$$

$$\text{الطول } ٢^\circ \text{ غ } \lambda = ٢ \quad ١.٦١٨٠٤ = ٠.٢٨٠٩٠٢ \times ٢ = \lambda$$

$$\text{الطول } ١^\circ \text{ غ } \lambda = ٣ \quad ٢.٢٤٢٧٠٦ = ٠.٢٨٠٩٠٢ \times ٣ = \lambda$$

$$\text{الطول صفر } \lambda = ٤ \quad ٢.٢٢٣٦٠٨ = ٠.٢٨٠٩٠٢ \times ٤ = \lambda$$

$$\text{الطول } ١^\circ \text{ ق } \lambda = ٥ \quad ٤.٠٤٥١٠ = ٠.٢٨٠٩٠٢ \times ٥ = \lambda$$

إحداثيات النقطة (عرض ٥٥° شمال ، طول ٢° غرب)

$$\text{مس} = \text{نق. هـ} \quad \text{حـ} \quad ١.٦١٨٠٤ = ٢.٢٣٧٧ \text{ سم}$$

$$\text{مس} = \text{نق. هـ} - \text{نق. هـ} \quad \text{حـ} \quad ١.٦١٨٠٤ = ٢.٢٤٤٩ \text{ سم}$$

إحداثيات النقطة (عرض ٥٢° شمال ، طول جرينتش)

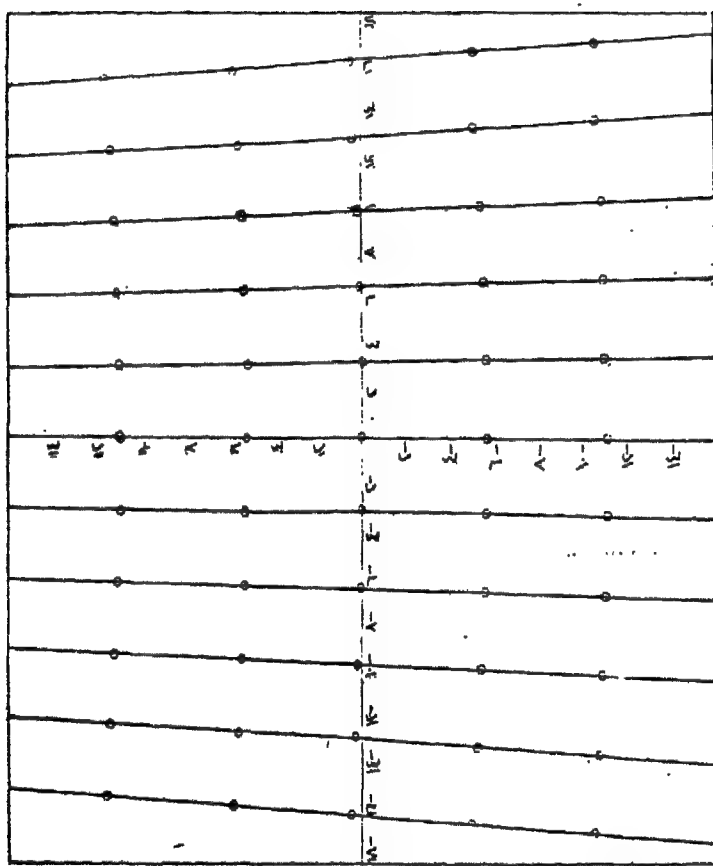
$$\text{مس} = \text{نق. هـ} \quad \text{حـ} \quad ٢.٢٣٦٠٨ = ١.٣٢٩٠ \text{ سم}$$

$$\text{مس} = \text{نق. هـ} - \text{نق. هـ} \quad \text{حـ} \quad ٢.٢٣٦٠٨ = ١.٠٧٣١ \text{ سم}$$

وبتكرار هذا العمل نحصل على الجدول المبين في صفحة ١٨٩

٥١	٥٥	٥٤	٥٣	٥٢		عرض طول
٢١١٠	٢١٨٩	٢٢٢٧	٢٢٤٦	٢٤٢٤	س	٣ غ
١١١٢٤	٥٥٥٢	٠٠٢٣	٥٥٢٥ -	١١٠٩٨ -	س	٣ غ
٦٢٢٠	٦٢٧٧	٦٥٢٤	٦٦٩١	٦٨٤٨	س	٣ غ
١١٢٠٦	٥٦٤٩	٠٠٩٢	٥٢٦٥ -	١١٠٢١ -	س	٣ غ
٩٢٢٩	٩٥٦٤	٩٧٩٩	١٠٠٢٥	١٠٢٧٠	س	٣ غ
١١٢١٢	٥٧٦٢	٠٢٠٨	٥٢٤٦ -	١٠٩٠٠ -	س	٣ غ
١٢٤٢٥	١٢٧٤٩	١٢٠٦٢	١٢٢٢٧	١٢٦٩٠	س	صفر
١١٤٦٩	٥٦١٩	٠٢٦٩	٥١٨١ -	١٠٧٢١ -	س	صفر
١٥٥٢٩	١٥٩٢١	١٦٢٢٤	١٦٧١٦	١٧١٠٨	س	١ ق
١١٦٦٧	٦١٢٢	٠٥٧٦	٤٢٦٦ -	١٠٥١٤ -	س	١ ق

وتظهر نتيجة التوزيع في شكل ٩٧



ويلاحظ الآتي :

١ - الاحداثيات المبينة في القائمة خاصة بالنقط الواقعة للشرق من خط الطول الأوسط . ولما كان المسقط متماثلاً بالنسبة لخط الطول الأوسط لذلك ترسم النقط التي تمثل النصف الغربي للمسقط في نفس المواقع المتماثلة لنقط النصف الشرقي .

٢ - لتجنب استخدام احداثيات سالبة يمكن اتخاذ نقطة أصل غير النقطة الواقعة على دائرة العرض الرئيسى .

ونقطة الأصل الجديدة تقع على خط الطول الأوسط جنوب العرض الرئيسى بمسافة تكفى لجعل جميع الاحداثيات الصادية موجبة .

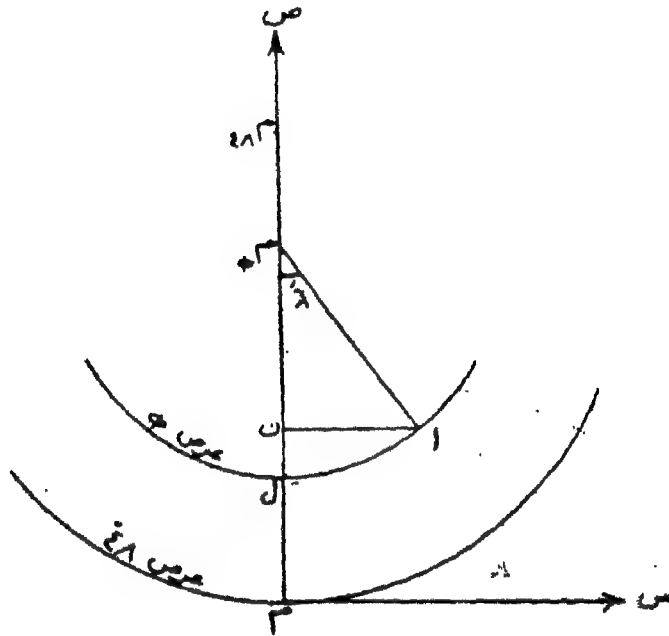
فمثلاً باختيار نقطة الأصل الجديدة على بعد ١٥ سم جنوب النقطة المستخدمة في المثال السابق تصبح جميع الاحداثيات الصادية موجبة مما يسهل عملية التوقيع .

في هذه الحالة تصبح احداثيات بعض النقط كالآتي :

عرض	طول					
		٥٦	٥٥	٥٤	٥٣	٥٢
٢° غـ	س	٣٢١١٠	٣٢١٨٩	٣٢٢٦٧	٣٢٣٤٦	٣٢٤٢٤
ص	ص	٣٦٠١٣٤	٣٥٠٥٨٢	٣٤٠٢٣	٣٣٠٦٥	٣٢٠٠٦

مثال:

مسقط متعدد المخاريط بمقياس ١ : ٢١ مليون بحده جنوبا خط العرض
 ٤٨° شمال ويتوسطه خط الطول ٤٠° شرق



شكل ٩٨

تتخذ نقطة الأصل عند تقاطع دائرة العرض ٤٨° شمالا مع الطول الأوسط
 نفرض ١ نقطة على دائرة العرض ϕ المرسومة من المركز ϕ بنصف قطر = ϕ .
 ونفرض أن طول النقطة ١ يبعد عن الطول الأوسط بزاوية طول مقدارها
 λ ° يقابلها على المسقط الزاوية $\bar{\lambda}$ = ϕ ١ > ϕ ن.
 الاحداث السيني (م) للنقطة ١ يمثلها المستقيم ١ ن = ϕ حا $\bar{\lambda}$

- ١٩٣ -

الاحداثى الصادى (ص) للنقطة ١ بمثل المستقيم من $م + ل + م - م - م - ن$
 $=$ (المسافة القوسية على سطح الأرض بين العرض ٤٨ والعرض ϕ)
 نصف قطر دائرة العرض $\phi - م - ن$

$$= \frac{\tau}{180} \times (\phi - 48) \times \text{نق} + \text{نق} - \text{نق} \text{ جتا } \lambda$$

$$= \frac{\tau}{180} \times (\phi - 48) \times \text{نق} + \text{نق} - \text{نق} \text{ جتا } \lambda$$

$$\text{نق} = 254780 \text{ سم}$$

$\phi - \lambda = \lambda$				نق ϕ = $\text{نق} \text{ ظلنا } \phi$	البعد عن العرض ٤٨ $= \frac{\tau}{180} \times (\phi - 48)$ $\times \text{نق}$	العرض ϕ
٨°	٦°	٤°	٢°			
٥٩٤٥٢	٤٥٨٩٦	٢٩٧٢٦	١٤٨٦٣	٢٢٩٧٤٢٣	صفر	٤٨°
٦١٢٨٤	٤٥٩٦٣	٣٠٦٤٢	١٥٣٢١	٢١٣٨٠٣	٨٢٨٩٤٢	٥٠°
٦٣٠٤١	٤٥٧٢٨	٣١٥٢٠	١٥٧٦٠	١٩٩٧٠٧٢	١٧٧٧٨٨٤	٥٢°
٦٤٧٢١	٤٥٨٥٤	٣٢٣٦١	١٦١٨٠	١٨٥١٢٣	٢٦٦٨٢٦	٥٤°
٦٦٣٢٣	٤٥٩٧٤	٣٣١٦٢	١٦٥٨١	١٧١٧٨٦٥	٣٥٢٤٧٦٨	٥٦°

احداثيات النقطة (عرض ٥٠° شمال ، طول ٤٢° شرق)

$$\text{س} = \text{نق} \text{ جتا } ١٥٣٢١ = ٧١٦ \text{ سم}$$

$$\text{ص} = ٨٢٨٩٤٢ + \text{نق} (١ - \text{جتا } ١٥٣٢١) = ٨٩٧١ \text{ سم}$$

- ١٩٤ -

احداثيات النقطة (عرض ٥٤° شمال ، طول ٤٨° شرق)

$$\text{م} = \text{نق. جا } ٦٠٤٧٢١ = ٢٠٠٨٧٠ =$$

$$\text{م} = ٢٦٠٦٨٢٦ + \text{نق. (١ - جتا } ٦٠٤٧٢١) = ٢٧٠٨٦٢ =$$

وبتكرار هذا العمل نحصل على الجدول الآتي

عرض	طول				
	٤٨°	٥٠°	٥٢°	٥٤°	٥٦°
٤٢°	٥٠٠٧٧	٨٩٧١	١٧٨٦٤	٢٦٧٥٦	٣٥٦٤٩
٤٤	١١٨٩٨	١١٤٢٩	١٠٩٤٦	١٠٤٥٠	٩٩٤٢
٤٦	١٧٨٣٦	١٧١٣٣	١٦٤٠٩	١٥٦٦٥	١٤٩٠٢
٤٨	٢٣٧٦٣	٢٢٨٢٥	٢١٨٥٤	٢٠٨٧٠	١٩٨٥٠
٥٠	٢٩٦٧٤	٢٨٥٠٠	٢٧٢٩٣	٢٦٠٥٣	٢٤٨٨٧
	٣٥٦٧٧	٣٤٨٠٢	٣٣٦٦٨	٣٢٥٢٥	٣١٣٧٣

مثال:

مسقط مخروطي بمرصين رئيسيين ٥٥° ، ٦١° شمال بمقياس ١ : ٣ مليون

فيه الطول الاسط ١٦٠° شرق

$$\text{نق} = ٢١٢٣٣٣٣ =$$

- ١٩٥ -

$$\text{ثابت المخروط ث} = \frac{١٨٠}{\pi} \times \frac{٦١ - ٥٥}{(٥٥ - ٦١)} = ٠,٨٤٧٦٦$$

$$\text{نق. ح. هه} = \frac{\text{نق ح. هه}}{\text{ث}} = ١٤٣٦٧٧٢ \text{ سم}$$

المسافة القوسية التي تقابل 3° عرضية على سطح الأرض

$$= ٣ \times \frac{\pi}{١٨٠} \times \text{نق} = ١٩١١٧٧ \text{ سم}$$

$$\text{نق. ح. هه} = ١٤٣٦٧٧٢ + ١٩١١٧٧ = ١٥٤٧٩٤٩ \text{ سم}$$

$$\text{نق. ح. هه} = ١٤٣٦٧٧٢ - ١٩١١٧٧ = ١٣٢٥٥٩٥ \text{ سم}$$

$$\text{نق. ح. هه} = ١٣٢٥٥٩٥ - ١٩١١٧٧ = ١٢١٤٤١٨ \text{ سم}$$

$$\text{نق. ح. هه} = ١٢١٤٤١٨ - ١٩١١٧٧ = ١٠٢٣٢٤١ \text{ سم}$$

$$\text{الطول } ١٦٣^\circ \text{ ق} = \lambda = ٣ = \lambda' \times \text{ث} = ٢٥٤٢٩٨$$

$$\text{د } ١٦٦ \text{ ق} = \lambda = ٦ = \lambda' \times \text{ث} = ٢٠٨٥٩٦$$

$$\text{د } ١٦٩ \text{ ق} = \lambda = ٩ = \lambda' \times \text{ث} = ٧٢٢٨٩٤$$

$$\text{د } ١٧٢ \text{ ق} = \lambda = ١٢ = \lambda' \times \text{ث} = ١٠٢٣٢٤١$$

نبتخذ خط الطول الأوسط محورا للمصادات وتكون نقطة الأصل عند العرض الرئيسي ٥٥° . وتأخذ محاور السينات محردبا على محاور المصادات عند نقطة الأصل

وتكون س - نق. حـ ٦٨

ص = نق. - نق. حـ ٦٨

احداثيات النقطة (عرض ٥٢ شمال ، طول ١٦٣ ق)

س = نق. جـ ٢٥٤٢٩٨ = ٦٢٨٦٨ م

ص = نق. - نق. جـ ٢٥٤٢٩٨ = ١٠٩٦٥ م

احداثيات النقطة (عرض ٥٤ شمال ، طول ١٦٩ ق)

س = نق. جـ ٧٦٢٨٩٤ = ١٤٦٤٦ م

ص = نق. - نق. جـ ٧٦٢٨٩٤ = ٣٤٣٣٠ م

وبتكرار هذا العمل نحصل على الجدول الآتي

عرض	طول					
		٥٢	٥٥	٥٨	٦١	٦٤
س	١٦٠	٠.٠٠٠	٠.٠٠٠	٠.٠٠٠	٠.٠٠٠	٠.٠٠٠
ص	١٦٠	- ١١١١٨	٠.٠٠٠	١١١١٨	٢٢٢٢٣	٣٣٣٣٥
س	١٦٣	٦٢٩٦٨	٦٢٣٧٥	٥٨٨٨٢	٥٣٣٨٨	٤٨٨٩٥
ص	١٦٣	- ١٠٩٦٥	٠١٤١	١١٢٤٨	٢٢٢٣٥٥	٣٣٣٤٦٢
س	١٦٦	١٣٧٢٣	١٢٧٣٧	١١٧٥١	١٠٧٩٦	٩٧٨٠
ص	١٦٦	- ١٠٥٠٨	٠٥٦٦	١١٦٤٠	٢٢٢٧١٤	٣٣٣٧٨٧
س	١٦٩	٢٠٥٥٠	١٩٠٧٤	١٧٥٩٨	١٦١٢٢	١٤٦٤٦
ص	١٦٩	- ٩٧٤٨٠	١٢٧٧٢	١٢٢٩١	٢٣٣١٠	٣٤٣٣٠
س	١٧٢	٢٧٢٣٧	٢٥٣٧٤	٢٣٢٤١	٢١٢٤٤٧	١٩٢٤٨٣
ص	١٧٢	- ٨٢٦٨٥	٢٢٥٨	١٣٢٠١	٢٤٢١٤٤	٣٥٢٠٨٧

- ١٩٧ -

مثال:

مسقط بسون بمقياس ١ : ٤ مليون فيه العرض الرئيسي ٥٨° شمال
والطول الأوسط ٢٠° شرق .

نق = ١٥٩٢٥ سم

نق_٨ = نق ظنا ٥٨ = ٩٩٥١٠٤ سم

المسافة القوسية التي تقابل عرضية على سطح الأرض =

$$٤ \times \frac{\text{ط}}{١٨٠} \times \text{نق} = ١١١٧٧ \text{ سم}$$

$\lambda \times \frac{\phi \text{ جتا}}{\phi \text{ سى}} = \lambda$				عرض ϕ	عرض ϕ
١٦°	١٢°	٨°	٤°		
١٣٢٤٥٢٨	١٠٢٠٨٩٦	٦٢٧٢٦٤	٣٢٣٦٢٢	١٢١٢٧٤٦	٥٠°
١٣٢٥٣٨٠	١٠٢١٥٣٥	٦٢٧٦٩٠	٣٢٣٨٤٥	١٠٢٦٢٨	٥٤
١٣٢٥٦٨٨	١٠٢١٧٦٦	٦٢٧٨٤٤	٣٢٣٩٢٢	٩٩٥١٠	٥٨
١٣٢٥٣٢٩	١٠٢١٤٩٧	٦٢٧٦٦٤	٣٢٣٨٣٢	٨٨٢٣٩٣	٦٢
١٣٢٤١١٤	١٠٢٠٥٨٥	٦٢٧٠٥٧	٣٢٣٥٢٨	٧٧٢٢٧٥	٦٦

— ١٩٨ —

وبانتخاب خط الطول الأوسط محورا الاصادات وتكون نقطة الأصل عند العرض الرئيسي ٨ هـ تكون الاحداثيات المطلوبة كالآتي

$$س = س_0 + \phi \text{ حتا } \lambda$$

$$ص = ص_0 - \phi \text{ حتا } \lambda'$$

احداثيات النقطة (عرض ٤° شمال ، طول ٢٨° شرق)

$$س = ١١٠٠٦٢٨ \text{ جا } ٦٧٩٦٠^\circ = ١٣٠٣٩ \text{ سم}$$

$$ص = ٩٩٥١٠ - ١١٠٠٦٢٨ \text{ حتا } ٦٧٩٦٠^\circ = ١٠٣٤٧ \text{ سم}$$

احداثيات النقطة (عرض ٦٦ شمال ، طول ٣٦ شرق)

$$س = ٧٧٢٣٧٥ \text{ جا } ٣٣٤١٦٤^\circ = ١٧٩٢٣ \text{ سم}$$

$$ص = ٩٩٥١٠ - ٧٧٢٣٧٥ \text{ حتا } ٣٣٤١١٤^\circ = ٢٤٣٤٢ \text{ سم}$$

- ١٩٩ -

وتكرار هذا العمل نحصل على الجدول الآتي

عرض	طول		٥٠	٥٤	٥٨	٦٢	٦٦
٢٠	س	٠.٠٠٠	٠.٠٠٠	٠.٠٠٠	٠.٠٠٠	٠.٠٠٠	٠.٠٠٠
ص	ص	٢٢٠٢٣٥	١١٠١١٨	٠.٠٠٠	١١٠١١٨	٢٢٠٢٣٥	٢٢٠٢٣٥
٢٤	س	٧٠١٤٢	٦٠٥٢١	٠.٨٨٨	٠.٢١٦	٤٠٥١٩	٤٠٥١٩
ص	ص	٢٢٠٢٢٦	١٠.٩٢٥	٠.١٧٤	١١٠٢٧١	٢٢٠٢٢٦	٢٢٠٢٢٦
٢٨	س	١٤٠٢٦٠	١٣٠.٢٩	١١٠٢٥٥	١٠.٤١٥	٩٠.٢٣	٩٠.٢٣
ص	ص	٢١٠٢٩٨	١٠.٣٤٧	٠.٢٩٧	١١٠٧٣٣	٢١٠٢٩٨	٢١٠٢٩٨
٣٢	س	٢١٠٢٢٨	١٩٠.٠٤	١٧٠.٥٨٢	١٥٠.٥٧٧	١٣٠.٤٩٦	١٣٠.٤٩٦
ص	ص	٢٠.٢٥٣	٩٠.٢٨٥	١٠.٥٩٦	٦٢٠.٥٠٠	٢٢٠.٤٢٣	٢٢٠.٤٢٣
٣٦	س	٢٨٠.٢٢٤	٤٥٠.٨٩٧	٣٢٠.٢٤٦	٢٠.٢٨٤	١٧٠.٩٢٣	١٧٠.٩٢٣
ص	ص	١٨٠.٨٩٦	٨٠.٤٤	٢٠.٢٧٧	١٣٠.٥٧١	٢٤٠.٣٤٣	٢٤٠.٣٤٣

- ٢٠٠ -

مثال : مسقط لامبرت المخروطى متساوى المساحات الحالة الثانية بمقياس ١ : ٢١ مليون ، فيه العرض الرئيسى ٣٨ شمال والطول الأوسط ١٠٠ غرب

$$٢٥٤٠٨٠ = \psi$$

$$\text{ثابت المخروط} = \frac{٣٨ - ٩٠}{٢} \text{ جتا} = ٢٨٠٧٨٣$$

$$\text{الطول } ٩٨^\circ = \lambda = \lambda' \leftarrow ١٢٦١٥٦٦$$

$$\text{د } ٩٦^\circ = \lambda = \lambda' \leftarrow ٣٢٣١٣٢$$

$$\text{د } ٩٤^\circ = \lambda = \lambda' \leftarrow ٤٢٨٤٦٩٨$$

$$\text{د } ٩٢^\circ = \lambda = \lambda' \leftarrow ٦٢٤٦٣٦٤$$

$$\text{د } ٩٠^\circ = \lambda = \lambda' \leftarrow ٨٢٠٧٨٣٠$$

$$\text{نق } ٤ = \psi \text{ نق ح } \frac{٤٨}{٢} \text{ قا } \frac{٥٢}{٢} = ٢٣٠٧٦٣٣$$

$$\text{نق } ٤ = \psi \text{ نق ح } \frac{٥٠}{٢} \text{ قا } \frac{٥٢}{٢} = ٢٣٩٦١٦٩$$

$$\text{نق } ٣٨ = \psi \text{ نق ح } \frac{٥٢}{٢} \text{ قا } \frac{٥٢}{٢} = ٢٤٨٥٤٨٠$$

$$\text{نق } ٣٦ = \psi \text{ نق ح } \frac{٥٤}{٢} \text{ قا } \frac{٥٢}{٢} = ٢٥٧٢٤٠٤٤$$

- ٢٠١ -

$$\text{نق}_2 = 2 \text{ نق ح} \frac{56}{2} \text{ ق} \frac{52}{2} = 26691819$$

وباتخاذ خط الطول الأوسط (١٠٠° غرب) محورا للصادات وتكون نقطة الأصل عند العرض الرئيسي ٣٨ شمال

$$\text{ص} = \text{نق}_2 \text{ ح} \lambda$$

$$\text{ص} = \text{نق}_2 - \text{نق}_2 \text{ ح} \lambda$$

احداثيات النقطة (عرض ٤٠° شمال ، طول ٩٦° غرب)

$$\text{ص} = \text{نق}_2 \text{ ح} 32223132^\circ = 130507$$

$$\text{ص} = \text{نق}_2 - \text{نق}_2 \text{ ح} 32223132^\circ = 9313$$

احداثيات النقطة (عرض ٤٤° شمال ، طول ٩٢° غرب)

$$\text{ص} = \text{نق}_2 \text{ ح} 646264 = 29960$$

$$\text{ص} = \text{نق}_2 - \text{نق}_2 \text{ ح} 646264 = 15942$$

وبتكرار هذا العمل نحصل على الجدول المبين في صفحة ٢٠٢

- ٢٠٢ -

عرض طول	٤٢	٤٠	٣٨	٣٦	٣٤
٩٨	٦٧٥٠٢ ١٨٧٠٢٨	٦٧٧٥٦ ٩٧٠٢٧	٧٧٠٠١ ٠٧٠٩٩	٧٧٢٥٧ ٨٧٧٥٤	٧٧٥٠٥ ١٧٧٥٢٨
٩٦	١٣٧٩٩٩ ١٨٧٣٠٣	١٣٧٥٠٧ ٩٧٣١٣	١٤٧٠١٠ ٠٧٣٩٥	١٤٧٥٠٩ ٨٧٤٤٧	١٥٧٠٠٤ ١٧٧٢١٠
٩٤	١٩٧٤٨٦ ١٨٧٧٦١	٢٠٧٢٤٦ ٩٧٧٨٨	٢١٧٠٠١ ٠٧٨٨٩	٢١٧٧٤٩ ٧٧٩٣٥	٢٢٧٤٩١ ١٦٧٦٨٢
٩٢	٢٥٧٩٥٧ ١٩٧٤٠٢	٢٦٧٩٧٠ ١٠٧٤٥٤	٢٧٧٩٧٥ ١٠٥٧٩	٢٨٧٩٧٢ ٧٧٢٢٠	٢٩٧٩٦٠ ١٥٧٩٤٢
٩٠	٣٢٧٤٠٧ ٢٠٧٢٢٠	٣٣٧٦٧٣ ١١٧٣٠٩	٣٤٧٩٢٨ ٢٧٤٦٦	٣٦٧١٧٢ ٦٧٣٠٢	٣٧٧٤٠٦ ١٤٧٩٩٢

مثال مسقط الأرض المخروطية المتساوية للمساحات بعرضين رئيسيين ٤٠° ،

شمال بمقياس ١ : مليون والطول الأوسط ١٥° شرق

نق = ١٢٧٤ سم

$$\text{ثابت المخروط} = \frac{\text{جا } ٤٠^\circ + \text{جا } ٥٠^\circ}{٢} = ٠٧٠٤٤٢$$

$$\text{الطول } ٢٠^\circ \text{ شرق } \lambda = ٥ \leftarrow \lambda' = ٣٥٢٢٠٨$$

$$\text{د } ٢٥ \text{ د } \lambda = ١٠ \leftarrow \lambda' = ٧٠٤٤١٦$$

$$\text{د } ٣٠ \text{ د } \lambda = ١٥ \leftarrow \lambda' = ١٠٥٦٦٢٤$$

$$\text{د } ٣٥ \text{ د } \lambda = ٢٠ \leftarrow \lambda' = ١٤٠٨٨٣٢$$

$$\text{د } ٤٠ \text{ د } \lambda = ٢٥ \leftarrow \lambda' = ١٧٧١٠٤٠$$

— ٢٠٣ —

$$\text{نق. ٤} = \frac{\text{نق جتا } ٤٠^\circ}{٠.٧٠٤٤٢} = ١٣٨٧٥٤٥ \text{ سم}$$

$$\sqrt{\text{نق. ٢}^2 - (\text{نق. ٤} - \text{نق. ٣})^2} = \text{نق. ٣}$$

$$\text{ومن هنا نحصل على : نق. ٣} = ١٤٩٧٦١٢٣ \quad \text{نق. ٤} = ١٢٧٣٩٩٠$$

$$\text{نق. ٥} = ١١٦٧٢٥٢٨ \quad \text{نق. ٦} = ١٠٥٢٠١٦$$

وبالتحديد خط الطول الأوسط محورا للمصادات وتكون نقطة الأصل عند العرض ٤٠° شمال تكون الاحداثيات المطلوبة كالآتي :

$$\text{س} = \text{نق. ٣} \times \text{حا } ٤٠^\circ$$

$$\text{ص} = \text{نق. ٤} - \text{نق. ٣} \times \text{حا } ٤٠^\circ$$

أحداثيات النقطة (عرض ٥٠° شمال ، طول ٣٠° شرق)

$$\text{س} = \text{نق. ٥} \times \text{حا } ٥٠^\circ = ١٠٥٦٦٢٤ \text{ سم}$$

$$\text{ص} = \text{نق. ٦} - \text{نق. ٥} \times \text{حا } ٥٠^\circ = ٢٤٧٢٣٤ \text{ سم}$$

أحداثيات النقطة (عرض ٣٥° شمال ، طول ٤٠° شرق)

$$\text{س} = \text{نق. ٣} \times \text{حا } ٣٥^\circ = ١٧٧٦١٠٤٠ \text{ سم}$$

$$\text{ص} = \text{نق. ٤} - \text{نق. ٣} \times \text{حا } ٣٥^\circ = ٤٧٠٥٦٨ \text{ سم}$$

وبتكرار هذا العمل نحصل على الجدول الآتي :

- ٢٠٤ -

عرض طول		٣٥	٤٠	٤٥	٥٠	٥٥
		س	ص	س	ص	س
٢٠	س	٩٥١٩١	٨٥٥١١	٧٥٨٢٧	٧٥١٤٢	٦٥٤٦٣
	ص	١٠٥٧٨٦-	٠٥٢٦٢	١١٥٢٨٧	٢٢٥١٢	٣٣٥٤٢
٢٥	س	١٨٥٣٤٨	١٦٥٩٩٠	١٥٥٦٢٣	١٤٥٢٥٧	١٣٥٩٠٣
	ص	٩٥٩٣٩-	١٥٠٤٦	١٢٥١٠٨	٢٣٥١٧٠	٣٤٥١٣٧
٣٠	س	٢٧٥٤٣٥	٢٥٥٠٤٥	٢٣٥٣٦١	٢١٥٣١٨	١٩٥٢٩١
	ص	٨٥٥٣١-	٢٥٣٤٩	١٣٥٣٠٦	٢٤٥٢٦٣	٣٥٥١٢٧
٣٥	س	٣٦٥٤١٨	٣٣٥٧٣٤	٣١٥٠١١	٢٨٥٣٩٨	٢٥٥٦٠٧
	ص	٦٥٥٦٨-	٤٥١٦٧	١٤٥٩٧٨	٢٥٥٧٨٩	٣٦٥٥٠٨
٤٠	س	٤٥٥٢٦٤	٤١٥٩١٦	٣٨٥٥٤٤	٣٥٥١٧١	٣٨٥٢٧٤
	ص	٤٥٥٥٧-	٦٥٤٩٣	١٧٥١١٦	٧٥٢٧٤٠	٣٨٥٢٧٤

مثال : مسقط منخروطي تشابهي فيه العرض الرئيسي ٥٥° شمال بمقياس

١ : ٢ مليون والطول الأوسط ٦° غرب

$$\text{نق} = ٣١٨٥٠ - م$$

$$\text{ثابت المنروط} = ٥٥ = \lambda$$

$$\text{الطول} = ٦^\circ \text{ غرب} = \lambda$$

$$٣٢٧٦٦١ = \lambda$$

$$٤ = \lambda \text{ غرب } ٢$$

$$٤٥١٤٩١ = \lambda$$

$$٦ = \lambda \text{ صغير}$$

$$٦٥٥٣٢١ = \lambda$$

$$٨ = \lambda \text{ شرق } ٢$$

$$٨٥١٩١٥٢ = \lambda$$

$$١٠ = \lambda$$

— ٢٠٥ —

$$\text{نق.} = \text{نق ظنا } ٥٥ = ٢٢٣٠.١٦١ \text{ سم}$$

$$\text{نق.} = \text{نق.} \left[\frac{\frac{\text{ظا } ٩٠ - \phi}{٢}}{\frac{\text{ظا } ٥٥ - ٩٠}{٢}} \right]$$

ومن تلك العلاقة نحصل على قيم انصاف أقطار دوائر العرض

$$\text{نق.} = ٢٥٠.٨٤٤٨ = \text{نق.} ٢٣٩٧.٠٠٢$$

$$\text{نق.} = ٢٢٨.٥٧٥٣ = \text{نق.} ٢١٧٤.٥٦٩$$

$$\text{نق.} = ٢٠٦.٣٣١٧ = \text{نق.} ١٩٥١.٨٥٢$$

وباتخاذ خط الطول الأوسط ° غرب محورا للصادات وتكون نقطة الأصل
هذه العرض ° شمال تكون الاحداثيات المطلوبة كالآتي :

$$\text{س} = \text{نق.} \phi \text{ جا } \lambda$$

$$\text{ص} = \text{نق.} - \text{نق.} \phi \text{ جتا } \lambda$$

احداثيات النقطة (عرض °٢٠ شمال ، طول °٤ غرب)

$$\text{س} = \text{نق.} \phi \text{ جا } ١٦٣٨٣ = ٦٨٥٣٠$$

$$\text{ص} = ٢٢٣٠.١٦١ - \text{نق.} \phi \text{ جتا } ١٦٣٨٣ = ١٦٨٥٨٦١$$

احداثيات النقطة (عرض °٦٠ شمال ، طول °٢ شرق)

$$\text{س} = \text{نق.} \phi \text{ جا } ٦٥٥٣٢١ = ٢٢٢٧٥٧$$

$$\text{ص} = ٢٢٣٠.١٦١ - \text{نق.} \phi \text{ جتا } ٦٥٥٣٢١ = ٢٩١٠٦٢$$

وبستكرار هذا العمل نعمل على الجدول الآتي :

٦٠	٥٨	٥٦	٥٤	٥٢	٥٠	عرض طول
٠٠٠٠٠	٠٠٠٠٠	٠٠٠٠٠	٠٠٠٠٠	٠٠٠٠٠	٠٠٠٠٠	س
٢٧٨٣١	١٦٦٨٤	٥٥٥٩	٥٥٥٩—	١٦٥٦٨٤—	٢٧٨٣٩—	س
٥٥٥٨٠	٥٨٩٩	٦٢١٧	٦٥٢٥	٦٨٨٥٣	٧١٧٢	س
١٧٩١١	١٦٧٦٩	٥٦٤٨	٥٤٦٦—	١٦٨٥٦—	٢٧٨٧٢٦—	س
١١١٥٦	١١٧٩٣	١٢٤٢٩	١٣٠٦٥	١٣٧٠٠	١٤٣٣٧	س
٢٨١٥٠	١٧٠٢٢	٥٩١٥	٥١٨٦—	١٦٢٩٢—	٢٧٨٤١٩—	س
١٦٧٢٣	١٧٦٧٨	١٨٦٢١	١٩٥٨٢	٢٠٥٣٧	٢١٤٩١	س
٢٨٥٤٩	١٧٤٤٣	٦٢٥٩	٤٧١٩—	١٥٨٠٢—	٢٦٩٠٦—	س
٢٢٢٧٦	٢٢٥٤٨	١٤٨١٧	٢٦٥٠٨١	٢٧٢٥٦	٢٨٦٢٨	س
٢٩١٠٦	١٨٠٢٣	٦٩٨٠	٤٠٩٦—	١٥١١٨—	٢٦١٩٠—	س
٢٧٨١٠	٢٩٢٩٩	٢٠٩٨٤	٢٢٥٧٠	٢٤٣١٥٢	٢٥٧٧٤١	س
٢٩٨٢٢	١٨٧٩٠	٧٧٧٨	٢٢٢٧—	١٤٢٢٩—	٢٥٢٦٩—	س

- ٢٠٧ -

مثال : مسقط مخروطی تشابی بعرضین رئیسیین ۳۸° ۴۵° شمال
بقياس ۱ : ۲ مليون والطول الاوسط ۱۳° شرق .

$$\text{نق} = ۳۱۸۵۰ \text{ سم}$$

$$\text{ثابت المخروط حـ } \alpha = \frac{\text{لو جا } ۵۲ - \text{لو جا } ۴۵}{\text{لو ظا } \frac{۵۲}{۲} - \text{لو ظا } \frac{۴۵}{۲}} = ۰.۶۶۳۰۲۳$$

$$\alpha = ۴۱۵۳۱۶^\circ$$

$$\text{نق} \alpha = \text{نق ظنا } \alpha = ۳۵۹۵۶۸۹$$

$$\text{نق} \alpha = \frac{\text{لو جا } ۵۲}{\text{لو جا } ۴۱۵۳۱۶^\circ} = ۴۲۷۳۸۱۱$$

$$\text{نق} \phi = \text{نق} \alpha \cdot \left[\frac{\frac{\phi - ۹۰}{۲}}{\frac{۵۲}{۲}} \right] \text{ ومنه نحصل على}$$

$$\text{نق} ۱ = ۴۰۲۳۰۹۳$$

$$\text{نق} ۱ = ۴۱۴۸۲۹۴$$

$$\text{نق} ۲ = ۳۷۷۲۲۲۵$$

$$\text{نق} ۲ = ۳۸۹۷۷۵۶$$

$$\text{نق} ۳ = ۳۶۴۶۳۲۹$$

- ٢٠٨ -

$$\text{الطول } ١٥ \text{ شرق } \lambda = ٢ \leftarrow \lambda = ١٣٢٦٠٦٠^\circ$$

$$٢٦٥٢١٣٢ = \lambda \leftarrow \lambda = ٤ \text{ د } ١٧$$

$$٣٩٧٨١٩٨ = \lambda \leftarrow \lambda = ٦ \text{ د } ١٩$$

وبالتخاذ خط الطول الأوسط ١٣° شرق محورا للمصادات وتكون نقطة الأصل عند العرض ٣٨° شمال تكون الاحداثيات المطلوبة كالآتي :

$$س = \text{نق} \phi \text{ جا } \lambda$$

$$ص = \text{نق} \phi - \text{نق} \phi \text{ جتا } \lambda$$

احداثيات النقطة (عرض ٤٤° شمال ، طول ١٥° شرق)

$$س = \text{نق} \phi \text{ جا } ١٣٢٦٠٦٠^\circ = ٩٠٢٠٢$$

$$ص = \text{نق} \phi - \text{نق} \phi \text{ جتا } ١٣٢٦٠٦٠^\circ = ٣٧٧٠٩٩$$

احداثيات النقطة (عرض ٤٨° شمال ، طول ١٩° شرق)

$$س = \text{نق} \phi \text{ جا } ٣٩٧٨١٩٨^\circ = ٢٥٢٩٧٢$$

$$ص = \text{نق} \phi - \text{نق} \phi \text{ جتا } ٣٩٧٨١٩٨^\circ = ٦٣٦٢٥٧$$

وبتكرار هذا العمل نحصل على الجدول الآن :

٤٨	٤٦	٤٤	٤٢	٤٠	٣٨		١٢
٠٠٠٠٠	٠٠٠٠٠	٠٠٠٠٠	٠٠٠٠٠	٠٠٠٠٠	٠٠٠٠٠	ص	١٢
٢٢٧٤٤٧	٥٠٠١٥٩	٢٧٢٦٠٦	٢٥٠٠٧٢	١٢٣٥٤٢	٠٠٠٠٠	ص	١٢
٨٠٤٢٨	٨٠٧٢٠	٩٢٠٢٠	٩٢٢١٠	٩٢٦٠٠	٩٢٨٩١	ص	١٥
٢٢٨٤٥	٥٠٠٢٦٠	٢٧٢٧١٠	٢٥٢١٨٠	١٢٢٦٥٢	٠٠٠١٤	ص	١٥
١٦٨٧٢	١٧٢٤٥٥	١٨٠٠٢٦	١٨٢٦١٦	١٩٢١٩٥	١٩٢٧٧٦	ص	١٧
٢٢١٢٨	٥٠٠٥٦٢	٢٨٠٠٢٢	٢٥٢٥٠٢	١٢٢٩٨٦	٠٢٤٥٨	ص	١٧
٢٥٢٩٧	٢٦١٧١	٢٧٠٠٤١	٢٧٢٩١١	٢٨٢٧٨٠	٢٩٢٦٥٠	ص	١٩
٢٢٢٦٢٦	٥١٠٠٦٨	٢٨٢٥٥٥	٢٦٠٠٤١	١٢٢٥٤١	١٢٠٢٠	ص	١٩

الباب الثامن

مساقط الخرائط المساحية

إن الخاصية الرئيسية التي يجب توافرها في الخرائط المساحية هي خاصية التشابه . أي أن الزوايا على الخريطة المرسومة عند نقطة معينة تكون مساوية للزوايا المناظرة على سطح الأرض . والحكمة في ذلك هو أن جميع عمليات المساحة تعتمد زوايا . وحتى يمكن توقيع الزوايا على الخرائط يلزم توفر خاصية التشابه . وقد يتبادر إلى ذهن القارئ استفسار يختص بموضوع الزيادة السكرية في زوايا المثلثات على سطح الأرض وذلك عند توقيع المثلثات على الخريطة المساحية . والإجابة على ذلك بسيطة وفي أن اضلاع المثلثات على سطح الأرض لا تسقط على هيئة خطوط مستقيمة على الخريطة .

والخريطة المساحية تكون عادة بمقاييس كبيرة بالمقارنة بالخرائط الجغرافية . ولا يوجد مقياس محدد يميز بين الخرائط المساحية والخرائط الجغرافية . وفي رأي السالك أن الخرائط المرسومة بمقياس أكبر من 1 : 250,000 تعتبر خرائط مساحية وأن الخرائط المرسومة بمقياس أصغر من 1 : 250,000 تعتبر خرائط جغرافية .

وهذا التقسيم ليس فاصلاً إذ أن خرائط الملاحة البحرية والجوية كثيراً ما ترسم بمقاييس أصغر من 1 : 250,000 وذلك عندما تغطي منطقة كبيرة من العالم وهذا النوع من الخرائط يخضع لقواعد الخرائط المساحية .

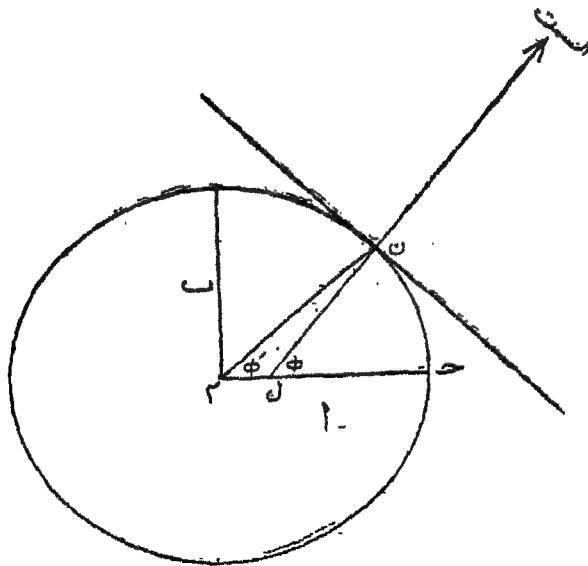
والمساقط التثاقبية الأربعة هي :

١ - مسقط مركيتور من مجموعة المساقط الإسطوائية .

- ٢ - المسقط الا- تريوجرافي من مجموعة المساقط الاتجاهية .
- ٣ - المسقط المخروطي التثامبي بمرض رئيسي واحد أو بمرضين رئيسيين (لابرت) من مجموعة المساقط المخروطية .
- ٤ - مسقط مركب ثور المتعرض .

وقد سبق شرح المساقط الثلاثة الأولى كما تم حساب أمثلة لبعض منها على الشكل المذكور الأرض . وفي هذا البسبب سنقوم بالتعرف على مسقط مركب من المستعرض مع تطبيقه على شكل الأرض شبه كروي كما سنقوم بتطبيق المساقط الثلاثة الأولى مرة أخرى على الشكل شبه كروي الأرض .

سطح الأرض شبه كروي .



شکل ۹۹

قطاع خط الطول

في هذا الباب نستخدم شكل هايفورد (١٩١٠) للسطح الشبه كروي للأرض
ويـمى الشكل الدولى . وفيه يكون

طول نصف المحاور الأكبر (أ) للقطاع الناقص ٣٨٨ ٣٧٨ ٦ متر
، ، ، الأصغر (ب) ، ، ، ٩١٢ ٦٣٥٦

$$\frac{1}{297} = \frac{b-a}{a} = \text{التناقص}$$

$$\text{الاختلاف المركزى (ف)} = \frac{b-a}{2a} \sqrt{2} = ٠.٠٨٤٩٩١٧٨$$

$$\text{ف} = ٠.٠٠٦٧٢٢٦٥٣$$

$$1 = \frac{b^2}{a^2} + \frac{c^2}{a^2}$$

المعادلة الهندسية الى تعطين شكل خط الطول هى

زاوية العرض الجغرافى ϕ

ن نقطة على سطح الأرض . والمماس للقطاع الناقص الذى يمثل خط طول النقطة
ن يقع فى المستوى الأفقى للنقطة ن .

والعمودى على هذا المماس ويـكون أيضا عموديا على المستوى الأفقى يشير إلى
أتجاه السميت عند نقطة ن (الاتجاه الرأسى) . واتجاه السميت يضع زاوية
(ن ل س) مع مستوى الاستواء تسمى زاوية العرض الجغرافى .

واضح أن قيمة زاوية عرض مكان على سطح الأرض تساوى الزاوية عند
هذا المكان بين اتجاه محور دوران الأرض والمستوى الأفقى عند هذا المكان .

— ٢١٤ —

زاوية العرض المركزي ϕ

نصف القطر الذي يمر بالنقطة ن يصنع زاوية (ن م >) مع مستوى الاستواء
تسمى زاوية العرض المركزي .

العلاقة بين العرض الجغرافي والعرض المركزي

من شكل ٩٩

$$\frac{ص}{س} = \phi' \quad ، \quad \phi = \text{ميل العمودي} = \frac{و}{ص}$$

$$1 = \frac{ص^2}{ص^2} + \frac{و^2}{و^2}$$

ينتج أن

$$\frac{ص^2}{و^2} + \frac{و^2}{و^2} = 1$$

$$\frac{ص^2}{و^2} = 1 - \frac{و^2}{و^2} = \frac{و^2 - و^2}{و^2}$$

$$\phi = \phi' \cdot \frac{و^2}{و^2} = 0.9932777 \cdot \phi$$

ومن هذه العلاقة نحصل على الجدول في الصفحة التالية :

زوايا العرض المركزي ϕ المقابلة للعرض الجغرافي ϕ

ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ
٦٤٥٨٥١٦٤٨	٦٥°	٣٤٥٨١٨٦٢٣	٣٥°	٥٥°
٦٩٥٨٧٥٤٦٦	٧٠°	٣٩٥٨٠٩٨٠٧	٤٠°	٩٩٣٤١١٧
٧٤٥٨٠٣٠٩٧	٧٥°	٤٤٥٨٠٦٧٦٠	٤٥°	١٤٥٩٠٣٦٦٦
٧٩٥٨٣٢٦٩٨	٨٠°	٤٩٥٨٠٩٥٨٥	٥٠°	١٩٥٨٧٦٤٠٨
٨٤٥٨٦٦٦٣٢	٨٥°	٥٤٥٨١٨٢٠٩	٥٥°	٢٤٥٨٥٣٢٩٠
٩٠٥	٩٠°	٥٩٥٨٣٢٣٦٦	٦٠°	٢٩٥٨٣٢٩٣٢

المسافة على خط الطول

نرمز إلى نصف قطر النخاع بخط الطول بالرمز P ونرمز إلى طول قوس
خط الطول بالرمز L

تفاضل معادلة القطع الناقص لحظ الطول تعطى

$$\frac{r}{r_1} \cdot \phi \text{ ظا} = \frac{r}{r_1} \cdot \frac{u}{u'} = \frac{u}{u'}$$

$$u = \frac{r}{r_1} \cdot \phi \text{ ظا} \cdot (1 - f^2) = u' \cdot \phi \text{ ظا} \cdot (1 - f^2)$$

وبذلك تكتب معادلة القطع الناقص على الصورة

$$1 = \frac{u'^2 (1 - f^2)^2 \phi^2 \text{ ظا}^2}{(1 - f^2)^2 r_1^2} + \frac{u'^2}{r_1^2}$$

$$u'^2 = [1 - \phi^2 \text{ ظا}^2 + \phi^2 \text{ ظا}^2 f^2]$$

$$u'^2 = (\phi^2 \text{ ظا}^2 f^2 - \phi^2 \text{ ظا}^2 + 1)$$

$$u' = \frac{1 - \phi^2 \text{ ظا}^2 f^2}{\phi \text{ ظا}}$$

$$u = \frac{\phi \text{ ظا}}{1 - \phi^2 \text{ ظا}^2 f^2}$$

- ٢١٧ -

$$\frac{\phi \text{ جا } (٢ \text{ ف} - ١) - \text{وس}}{\frac{٢}{٢}(\phi \text{ جا } ٢ \text{ ف} - ١)} = \frac{\text{وس}}{\phi \text{ جا}}$$

$$\frac{\text{وس}}{\phi \text{ جا}} \cdot \frac{\text{ول}}{\text{وس}} = \frac{\text{ول}}{\phi \text{ جا}} = \rho = \text{نصف قطر الانحناء}$$

$$\frac{(٢ \text{ ف} - ١) \text{ ا}}{\frac{٢}{٢}(\phi \text{ جا } ٢ \text{ ف} - ١)} = \frac{\phi \text{ جا } (٢ \text{ ق} - ١) \text{ ا} - ١}{\frac{٢}{٢}(\phi \text{ جا } ٢ \text{ ف} - ١)} \times \frac{١ - \phi \text{ جا}}{\phi \text{ جا}} = \rho$$

والجدول في الصفحة التالية يعطى قيمة ρ عند بعض العروض

نصف قطر الانحناء (P) لحظ الطول عند الممرض

نصف قطر الانحناء متر	المريض Φ	نصف قطر الانحناء متر	المريض Φ	نصف قطر الانحناء متر	المريض Φ
٦٣٦١ ٩٩٦٦٨٥	٤٠	٦٣٤٢ ٩٨٨٦٨٨	٢٠	٦٣٢٥ ٥٠٨٠٠٩	صفر
٦٣٦٤ ٢٢٠٠٨٢	٤٢	٦٣٤٤ ٤٨٤٦٠٥	٢٢	٦٣٢٥ ٥٨٤٠٩٩	٢
٦٣٦٦ ٤٦٢٦٤٢	٤٤	٦٣٤٦ ٠٩٢٦٠٩	٢٤	٦٣٢٥ ٨١٩٠١١	٤
٦٣٦٨ ٧١٠٠٩٧	٤٦	٦٣٤٧ ٨٠٥٠١٨	٢٦	٦٣٢٦ ٢٠٦٢٣١	٦
٦٣٧٠ ٩٥٣٦٨٠	٤٨	٦٣٤٩ ٦١٩٢٩٤	٢٨	٦٣٢٦ ٧٤٥٠٨٦	٨
٦٣٧٢ ١٨٤٦٤٨	٥٠	٦٣٥١ ٥١٢٦٥٦	٢٠	٦٣٢٧ ٤٤٥٠٠٣	١٠
٦٣٧٥ ٢٨٧٦٦٩	٥٢	٦٣٥٣ ٤٩١٦٠١	٢٢	٦٣٢٨ ٢٧٠٠٧٩	١٢
٦٣٧٧ ٥٥٤٦٠٧	٥٤	٦٣٥٥ ٥٢٨٦١٥	٢٤	٦٣٢٩ ٢٤٩٠١٣	١٤
٦٣٧٩ ٦٧٢٦١٦	٥٦	٦٣٥٧ ٦٤٤٦٩٤	٢٦	٦٣٤٠ ٢٦٥٦١٤	١٦
٦٣٨١ ٧٢٤٦١٧	٥٨	٦٣٥٩ ٨٠١٢٣٤	٢٨	٦٣٤١ ٦١٢٦٨٠	١٨

- ٢١٩ -

طول القوس على خط العا-ول

ويكون طول القوس ل على خط الطول ابتداء من الاستواء

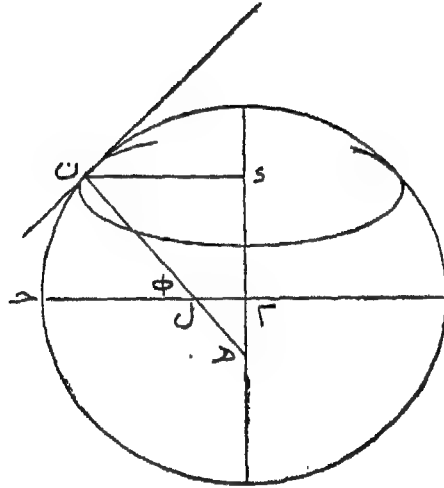
$$\int_0^L \frac{1}{\sqrt{1 - f^2}} \, d\phi = \int_0^L \frac{1}{\sqrt{1 - f^2}} \, d\phi = \int_0^L \frac{1}{\sqrt{1 - f^2}} \, d\phi$$

ويحل هذا التكامل نحصل على الجدول الآتي :

المسافات على خط الطول من الاستواء إلى العرض φ

المسافة متر	العرض φ	المسافة متر	العرض φ	المسافة متر	العرض φ
٤٦٠١ ٧١٥٢٢٩	٤٧	٢٤٢٣ ٨٣١٢٨٧	٢٢	٢٢١ ١٥١٢٨٦	٢
٤٨٧٣ ٩١١٢٦٠	٤٤	٢٦٥٥ ٣٢٣٢٨٩	٢٤	٤٤٢ ٣٠٩٢١٥	٤
٥٠٩٦ ١٨٢٢٣٠	٤٦	٢٨٧٦ ٨٧٣٢٩٠	٢٦	٦٦٣ ٤٧٧٢٧٧	٦
٥٣١٨ ٥٣١٢٤٥	٤٨	٣٠٩٨ ٤٨٥٢٤٢	٢٨	٨٨٤ ٦٦١٢٥٧	٨
٥٥٤٠ ٩٥٨٢٧١	٥٠	٣٣٢٠ ١٦١٢٧٠	٣٠	١١٠٥ ٨٦٧٢٣٣	١٠
٥٧٦٣ ٤٦٢٢٣٦	٥٢	٣٥٤١ ٩٠٥٢٦٥	٣٢	١٣٢٧ ٠٩٩٢٧١	١٢
٥٩٨٦ ٠٤٤٢٣١	٥٤	٣٧٦٣ ٧١٩٢٨٦	٣٤	١٥٤٨ ٢٦٣٢٧٧	١٤
٦٢٠٨ ٧٠٠٢٠٩	٥٦	٣٩٨٥ ٦٠٦٢٦١	٣٦	١٧٦٩ ٦٦٤٢٣٩	١٦
٦٤٣١ ٤٢٨٢٨٥	٥٨	٤٢٠٧ ٥٦٧٢٧٩	٣٨	١٩٩١ ٠٠٦٢٣١	١٨
٦٦٥٤ ٢٢٨٢٤٠	٦٠	٤٤٢٩ ٦٠٤٢٩٦	٤٠	٢٢١٢ ٣٩٤٢٠٣	٢٠

المسافة على دائرة عرض



شكل ١٠٠

ن و في الشكل يمثل نصف قطر دائرة العرض ϕ . ($\sin \phi$) .

ن و يمثل الاحداثى السينى للنقطة ن وسبق التعرف على قيمته بدلالة العرض الجغرافى ϕ

$$\sin \phi = \frac{r}{R} = \frac{R \sin \phi}{R} = \sin \phi$$

ومن هذه العلاقة يمكن حساب أطوال المسافات على دوائر العرض . ومنها
نحصل على الجدول فى الصفحة التالية:

أصناف أنظار دوائر المرض للأرض الخبيصة (م.ف)

المرض ف	نصف القطر م متر	المرض ف	نصف القطر م متر	المرض ف	نصف القطر م متر	المرض ف
صفر	٤٨٩٢ ٩٢٨٨٠	٤٠	٥٩٩٦ ٠٨٢١٨	٢٠	٦٣٨٨ ٢٨٨٠٠	
٢	٤٧٩٧ ٢١٥٨٩٥	٤٢	٥٩١٦ ٧٢٩٨٥	٢٢	٥٢٧٤ ٥٢٨٥١	
٤	٤٥٩٥ ٦٨٨٦٧	٤٤	٥٨٣٠ ١٩٠٠٢٣	٢٤	٦٣٦٢ ٩٥٤٥٢	
٦	٤٤٣٨ ٥٢٧٢٨	٤٦	٥٧٣٦ ٥١٢٣٧٩	٢٦	٦٢٤٢ ٦٧٩٨٤٢	
٨	٤٢٧٥ ٩١٩٥٤	٤٨	٥٦٣٥ ٩٥٩٢٨	٢٨	٦٢١٦ ٧٢٥٢٢	
١٠	٤١٠٨ ٠٥٩٨٩٩	٥٠	٥٥٢٨ ٤٩٢٣٧٢	٣٠	٦٢٨٢ ١٢٢٣٦٢	
١٢	٣٩٢٥ ١٤٩٨٩٧	٥٢	٥٤١٤ ٢١٢٣٧٤	٣٢	٦٢٢٩ ٩١١٣٥٥	
١٤	٣٧٥٧ ٣٩٧٢٨٧	٥٤	٥٢٩٢ ٤٩٠٠٠٨	٣٤	٦١٩٠ ١٤٠٥٢	
١٦	٣٥٧٥ ٠١٨٥٠٧	٥٦	٥١٦٦ ٢٢٧٢٣٥	٣٦	٦١٢٢ ٨٦٦٨٤٤	
١٨	٣٢٨٨ ٢٢١٢٢٦	٥٨	٥٠٢٢ ٦٥٤٢٣٥	٣٨	٦٠٦٨ ١٥٥٤٢	

- ٢٢٢ -

نصف قطر الانحناء العمودي v

يسمى الطول n هو شكل ١٠٠ بنصف قطر الانحناء العمودي ويرمز له
بالرمز v

$$n = n \text{ و } \phi$$

$$n = \frac{1}{\sqrt{1 - \phi^2}}$$

والجدول الآتي يعطي قيمة v عند بعض المروض

الشيخ الفاضل في الدين والعلوم
الشيخ الفاضل في الدين والعلوم

المرض	نصف قطر الانتخاب المودى	المرض	نصف قطر الانتخاب المودى	المرض	نصف قطر الانتخاب المودى	المرض
Φ	مست	Φ	مست	Φ	مست	مست
٤٠	٢٦٤٣٩٢	٢٠	٢٣٨٠ ٨٩٧٥٢٨	٢٧٨	٢٣٨٨٥٠	صفر
٤٢	٢٣٨٨ ٠٠٩٣١٥	٢٢	٢٣٨١ ٢٩٨٥٧٠	٢٧٨	٤١٤٥٠٨	٢
٤٤	٢٣٨٨ ٧٥٩٥٠٦	٢٤	٢٣٨١ ٩٣٧٥٨٤	٢٧٨	٤٩٢٥٢١	٤
٤٦	٢٣٨٩ ٥١١٥١١	٢٦	٢٣٨٢ ٥١٢٥٠٠	٢٧٨	٢٢٢٥١٩	٦
٤٨	٢٣٩٠ ٢٢١٥٤٩	٢٨	٢٣٨٢ ١١٨٥٦٨	٢٧٨	٧-٢٥٢٩	٨
٥٠	٢٣٩١ ٠٠٦٥٨٠	٣٠	٢٣٨٢ ٧٥٤٥٦٩	٢٧٩	٠٢٤٥٤٨	١٠
٥٢	٢٣٩١ ٧٤٢٥٠٧	٣٢	٢٣٨٤ ٤١٧٥٦٧	٢٧٩	٢١٤٥٨٩	١٢
٥٤	٢٣٩٢ ٤٦٧٥٠٧	٣٤	٢٣٨٥ ١٠٢٥٧٤	٢٧٩	٧٤٢٥١٩	١٤
٥٦	٢٣٩٢ ١٧٤٥٩٦	٣٦	٢٣٨٥ ٨٠٨٥١٩	٢٨٠	٠١٧٥٥٠	١٦
٥٨	٢٣٩٢ ٨٦٢٥٢٤	٣٨	٢٣٨٦ ٥٢٠٥٠٤	٢٨٠	٤٢٦٥١٩	١٨

مقط مركب
الأرض شبه كروية

كما سبق في حالة الأرض الكروية وبالرجوع إلى شكل ٣٧ وإلى
ملاحظات التشابه

$$\frac{1'J}{1J} = \frac{1'J}{1J}$$

$$\lambda \Delta.1 = \omega - \omega' = 1$$

$$\lambda \Delta \cdot \frac{\phi \text{ احتا } 1}{\sqrt{(\phi^2 \text{ حا } 2 - 1)}} = \lambda \Delta \cdot \text{س} = 1 \text{ كذلك ل}$$

$$\phi \Delta \cdot \rho = \psi \Delta \cdot \rho$$

$$\frac{\lambda \Delta \cdot 1}{\lambda \Delta \cdot \phi \text{ جتا } 1} = \frac{\lambda \Delta \cdot 1}{\phi \Delta \cdot \rho} \quad \text{وبالتعويض ينتج أن}$$

$$\phi \Delta \cdot \phi \bar{q} \cdot \frac{1}{2} (\phi \bar{q} \Delta \cdot \phi - 1) \rho = \Delta = \bar{c} \bar{c}$$

$$\phi \Delta \frac{\phi \text{ فا } (٢ \text{ ف} - ١) ١}{(\phi \text{ فا } - ٢ \text{ ف} - ١)} =$$

- ٢٢٦ -

وبانتخاذ الاستواء على الخريطة محورا للمعينات وبانتخاذ أى خط من خطوط الطول محورا للمصادات وباجراء التكامل

$$\int_{\phi}^{\psi} \frac{(1 - f^2) \phi}{(1 - f^2 \cos^2 \phi)} d\phi = \int_{\phi}^{\psi} \frac{1}{1 - f^2 \cos^2 \phi} d\phi$$

ويكتب التكامل على الصورة

$$\int_{\phi}^{\psi} \left(\frac{f^2}{1 - f^2 \cos^2 \phi} - \frac{1}{1 - f^2 \cos^2 \phi} \right) d\phi = \int_{\phi}^{\psi} \frac{1}{1 - f^2 \cos^2 \phi} d\phi$$

وبوضع جا $\psi = f \cos \phi$ في الكسر الثاني للتكامل

$$\int_{\phi}^{\psi} \frac{1}{1 - f^2 \cos^2 \phi} d\phi = \int_{\phi}^{\psi} \frac{1}{1 - f^2 \cos^2 \phi} d\phi - \int_{\phi}^{\psi} \frac{f^2 \cos^2 \phi}{1 - f^2 \cos^2 \phi} d\phi$$

$$= \int_{\phi}^{\psi} \frac{1}{1 - f^2 \cos^2 \phi} d\phi - \int_{\phi}^{\psi} \frac{f^2 \cos^2 \phi}{1 - f^2 \cos^2 \phi} d\phi$$

ويكتب أيضا على الصورة

$$\int_{\phi}^{\psi} \frac{1}{1 - f^2 \cos^2 \phi} d\phi = \int_{\phi}^{\psi} \frac{1}{1 - f^2 \cos^2 \phi} d\phi - \int_{\phi}^{\psi} \frac{f^2 \cos^2 \phi}{1 - f^2 \cos^2 \phi} d\phi$$

- ٢٢٧ -

ولتصغير حجم الخريطة حتى تقترب أبعادها من الأبعاد الحقيقية على الأرض تصبح

$$ص = \left[\left(\frac{\psi}{2} + \frac{\phi}{4} \right) \text{ لو ظا } - \left(\frac{\psi}{2} + \frac{\phi}{4} \right) \text{ ف لو ظا } \right] \text{ هـ}$$

$$\text{أو } ص = \left[\left(\phi \text{ ظا } + \phi \text{ قا } \right) - \left(\psi \text{ ظا } + \psi \text{ قا } \right) \right] \text{ هـ}$$

حيث ϕ هو العرض الأوسط في الخريطة

$$\text{وبالتبع } ص = \phi \cdot \Delta \lambda$$

مثال :

خريطة ممسطة مركنور يحددها شمالا العرض ٥٨° شمال وجنوبا العرض ٢٦° شمال . ويحددها شرقا الطول ١٠° غرب ويحددها غربا الطول ٤٨° غرب والمقياس ١ : ٢ مليون

$$\text{الاتساع الطول } \Delta \lambda = ٤٨ - ١٠ = ٣٨^\circ \text{ طولية}$$

$$\text{العرض الأوسط } = ٤٧^\circ$$

- ٢٢٨ -

$$\frac{1}{2} \left(\frac{47}{2} - \frac{47}{2} \right) = (نق٤٧) = ٤٧ ج٢١$$

$$= ٤٣٥٧٨٩٢٢٦ \text{ متر}$$

$$نق٤٧ = ٢١٧٢٨٩٤٦ \text{ سم بالمقياس المطلوب}$$

$$\frac{\text{ط}}{١٨٠} \times ٨٥ \times نق٤٧ = \text{امتداد الخريطة مع درجتي الظل}$$

$$= ١٤٤٢٥١٣ \text{ سم}$$

$$٣٦٢٧٦٢٣٥٧ = (٣٦ ح١) = ٣٦٢$$

$$٣٢٩٨٧١٦٣ = (٥٨ ح١) = ٥٨٢$$

العنصر المركب من الاستواء إلى العرض ٣٦°

$$\left[\frac{(٢٢٧٦٢٣٥٧ + ٤٥) \text{ ف لو ظا}}{٢} - \left(\frac{٣٦}{٢} + ٤٥ \right) \text{ هـ} \right] = ٠.٦٧٠٣٢٩ =$$

العنصر المركب من الاستواء إلى العرض ٥٨°

$$\left[\frac{(٣٢٩٨٧١٦٣ + ٤٥) \text{ ف لو ظا}}{٢} - \left(\frac{٥٨}{٢} + ٤٥ \right) \text{ هـ} \right] =$$

$$= ١.٢٤٣٤٥٠٢$$

-- ٢١٩ --

لمتداد الخريطة مع درجات العرض

= نق، فرق العنصرين المركبتوريين

$$= \text{نق،} (124340502 - 3209067) = 1243818 \text{ سم}$$

العنصر المركبتورى

يتضح من المثال السابق أن العنصر المركبتورى من الاستواء إلى العرض ϕ
ثابت القيمة ويـاوى

$$\text{لوظا } (\phi + 45) - \text{فى لوظا } (\psi + 45)$$

وعلى ذلك يمكن وضع تلك القيم فى صورة جدول يستخدم بصفة دائمة
لحساب المـقط .

١ - ٢٠ - ١

جدول العناصر الكيميائية من الاستواء إلى المرض Φ

$$\Psi = \left(\frac{\Phi}{2} + 40 \right) - \left(\frac{\Phi}{2} + 40 \right) \text{ لو ظا } \Phi$$

المرض Φ	العنصر الكيميائي	المرض Φ	العنصر الكيميائي	المرض Φ
٢	٠.٨٠٤٦ ٦٤٣٦	٢٢	٠.٣٣٩١٢ ٥١٨٣	٠.٣٤٤٦ ٧٩٠٧
٤	٠.٨٥٣٢ ٢٧٥٥	٢٤	٠.٤٢٨٩ ٥٩٣٧	٠.٣٧٩٤ - ١٠٠
٦	٠.٩٠١٤ ٣٣٩٧	٢٦	٠.٤٦٧٢ ٦٤٤٠	٠.٤١٠٤٢ - ٨٩٤
٨	٠.٩٥٧٤ ٦٤٧٦	٢٨	٠.٥٠٦٢ ٣٤٦٣	٠.٤٦٩١ ٤٦٦٠
١٠	١.٠٠٥٥ ٢٦٥٣	٣٠	٠.٥٤٥٩ ٤٢٩٣	٠.٥١٧٤٢ ٥٨٣٩
١٢	١.٠٦٠٨ ٥٦٧٩	٣٢	٠.٥٨٦٤ ٦٨١٨	٠.٥٦٠٩٥ ٨٩٨٤
١٤	١.١١٨٧ ٣٠٤٨	٣٤	٠.٦٢٧٨ ٩٦٢١	٠.٥٦٤٥١ ٨٧٩٣
١٦	١.١٧٩٤ ٦٨٧٥	٣٦	٠.٦٧٠٣ ٢٠٩٢	٠.٥٦٨١١ ٠.١٢١
١٨	١.٢٤٣٤ ٥٠٢٤	٣٨	٠.٧١٥٢ ٢٧١٣	٠.٥٦٩٧٣ ٨٠٤١
٢٠	١.٣١١١ ٢٦٠٨	٤٠	٠.٧٥٨٥ ٨٤٣٩	٠.٥٦٥٤٠ ٧٨٦٣

المسقط الاستريوجرافى

للأرض الشبه كرويه

يستخدم هذا المسقط للخرائط المساحية لدولة صغيرة المساحة ، أى صغيرة الامتداد مع درجات الطول ومع درجات العرض .

ويتم اتخاذ مركز الخريطة عند نقطة تقع عند مركز الدولة .

وفى هذه الحالة يمكن اعتبار أن سطح الأرض على شكل كرة وان نظم-رأية أخطاء طالما لا تعتمد كثيرا عن مركز الخريطة .

ويكون نصف قطر الكرة (نق) فى هذه الحالة مساويا للجذر التربيعى لحاصل ضرب نصف قطر انحناء خط الطول (ρ) فى نصف قطر الانحناء الممود (ϕ) ، وذلك عند مركز الخريطة

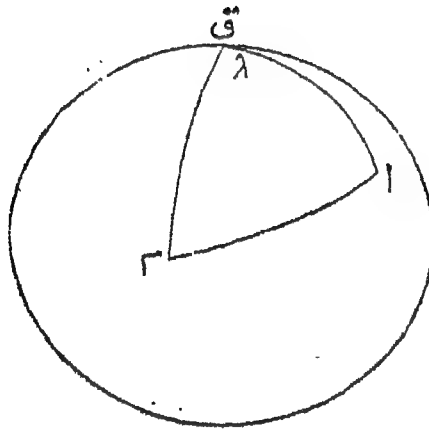
$$\overline{نق} = \sqrt{\phi \cdot \rho}$$

ويتم الحصول على قيم كل من ρ ، ϕ من الجداول السابقة إما مباشرة أو بطريق الاستكمال (التنحسية) أو بحسابها فى حالة المعروض الغير مبينة فى الجداول .

$$\frac{1}{\frac{1}{2}(\phi^2 - \phi^2 \text{ حـ}^2)} = \rho \quad \frac{(1 - \phi^2)}{\frac{1}{2}(\phi^2 - \phi^2 \text{ حـ}^2)} = \phi$$

-- ٢٢٢ --

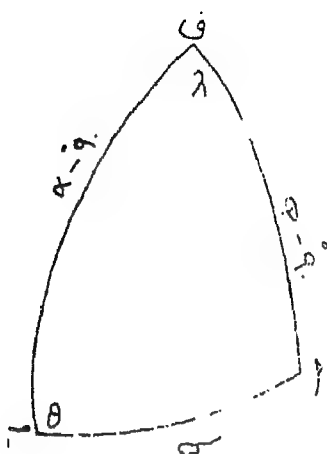
$$\frac{\frac{1}{2}(\phi - 1) \lambda}{(\phi - 1) \lambda} = \sqrt{p \cdot v} = \text{نق}$$



شكل ١٠١ .

- إذا كانت م مركز الخريطة الواقعة عند العرض α .
- وكانت ا إحدى نقط الهيكل الجغرافي الواقعة عند العرض φ .
- وكانت الزاوية عند القطب ق بين خطي طول م ، ا هي λ .
- يمكن حساب قيمة الضلع م ا بالدرجات (σ) وذلك من المثلث الكروي ق م ا . وكذلك يمكن حساب قيمة زاوية الاتجاه σ (زاوية ق م ا) .
- في حالة المثلثات الصغيرة يحسن الحصول على قيمة زاوية الاتجاه σ أولاً من العلاقة

— ٢٣٣ —



$$\text{ظا } \theta = \text{جتا } \alpha \cdot \text{ظا } \phi - \text{حا } \alpha \cdot \text{جتا } \lambda$$

ثم نحصل على قيمة σ من العلاقة

$$\text{حا } \sigma = \frac{\text{جا } \lambda \cdot \text{جتا } \phi}{\text{حا } \theta}$$

شكل ١٠٢

معادلات المسقط

يمكن تشبيه المسقط في هذه الحالة بالحالة القطبية (انظر صفحة ٨٧) .
حيث تظهر نقطة α على المسقط على مسافة α

$$\alpha = \alpha' = \frac{\phi - 90}{\lambda} = \frac{\phi - 90}{\lambda} \text{ نق ظا } \alpha = \frac{\phi - 90}{\lambda} \text{ نق ظا } \alpha'$$

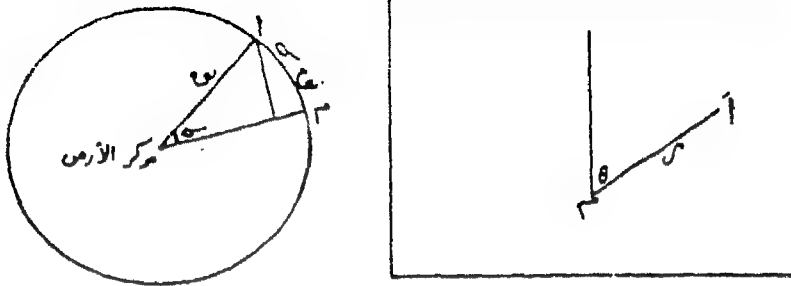
ويظهر زاوية الانحناء θ بدون تغيير .

أما المعادلة الرياضية لمعادلات المسقط فتتم كالآتي :

طول القوس α على الأرض = نق . σ حيث σ الزاوية عند مركز الأرض .

طول المستقيم α' على المسقط = α

- ٢٣٤ -



شكل ١٠٣

زاوية الاتجاه θ تظل كما هي بدون تغيير

$$\frac{\text{نق } \Delta \sigma}{\theta \Delta \sigma \cdot \sigma} = \frac{\text{س } \Delta \sigma}{\theta \Delta \sigma \cdot \sigma} \quad \text{للتشابه}$$

$$\left[\frac{\text{س}}{\sigma} \right] = \left[\frac{\text{نق}}{\sigma} \right]$$

$$\text{لو } \sigma = \text{لو ظا} + \frac{\sigma}{\rho} \quad \text{ثابت (ث)}$$

$$\sigma = \text{ث ظا} + \frac{\sigma}{\rho}$$

وهكذا تكون σ صنفية تكون $\sigma = \text{نق } \sigma$

$$\frac{\sigma}{\rho} = \frac{\sigma}{\rho} \quad \text{وأن يكون ظا}$$

- ٢٣٥ -

$$\text{نق } \sigma = \sigma \cdot \frac{\sigma}{\rho} \text{ ومنها ث } = \rho \text{ نق}$$

$$\text{وتصبح م } = \rho \text{ نق ظا } \frac{\sigma}{\rho}$$

التوقيع :

سهولة توقيع النقط تستخدم الاحداثيات المتعامدة وتلخذ نقطة الاصل عند مركز الخريطة ويكون خط طول نقطة الاصل محورا للأحداث والمعمدى عليه محورا للميانات وتكون

$$\text{س } = \text{م } \text{ جا } \theta = \rho \text{ نق ظا } \frac{\sigma}{\rho} \text{ جا } \theta$$

$$\text{ص } = \text{م } \text{ جتا } \theta = \rho \text{ نق ظا } \frac{\sigma}{\rho} \text{ جتا } \theta$$

مثال :

مركز الخريطة عند العرض ٤٨° شمال والطول ١٦° شرق .

مقياس الرسم ١ : ٢٥٠٠٠٠

$$\text{نق } = \sqrt{6380^2 + 60034^2}$$

$$= 2552240 \text{ سم بالمقياس المطلوب}$$

- ٢٣٦ -

لحساب المسافات والاتجاهات (θ و σ) من مركز الخريطة إلى النقطة
(عرض ١٩° شمال ، طول ١٧° شرق) $\theta = ٨$

$$\theta = \text{ظا}^{-١} \frac{\text{حا}^{-١}}{\text{حا}^{-١} \text{ظا}^{-١} - \text{حا}^{-١} \text{جتا}^{-١}} = ٢٣١٥٥٨^\circ$$

$$\sigma = \text{جا}^{-١} \frac{\text{حا}^{-١} \text{جتا}^{-١}}{\text{حا}^{-١} \text{جتا}^{-١} - \text{حا}^{-١} \text{جتا}^{-١}} = ١١٩٩٥٩^\circ$$

وبتكرار هذا العمل مع باقى النقط المطلوبة لتشكيل الهيكل الجغرافى نحصل
على الجدول الآتى :

الانجاسات والمساكنات

٦٩		٧٤		٧٣		عرض طول
مساحة	انجاس	مساحة	انجاس	مساحة	انجاس	
١٠٦٦٠٠٠	٠٠٠٠٠٠٠	٠٠٠٠٠٠٠	—	٠٠٠٠٠٠٠	٠٠٠٠٠٠٠٠	١٦
١٠٦٦٩٦	٢٣٢١٥٥٨	١٠٦٦٠٠	٨٩٦٢٧٨٤	٣٠٦٢١٠٤	١٤٥٧٠٦١	٨٧
١٠٦٦٠٠١	٥٢٧١٦٦	٨٩٦٢٧٨	٨٩٦٢٥٦٨	٦٠٦٨٠٩	١٢٥٧٦٤٤	٧١

ولحساب الاحداثيات المتعامدة

نتخذ نقطة الاصل عند مركز الخريطة (عرض 48° شمال ، طول 16° شرق)
ونتخذ محور الصادات على خط الطول 16° شرق والعمودى عليه محورا للميئات

وتتكون معادلات التحويل من الاحداثيات القطبية (الاتجاه θ ومسافة σ)
الى الاحداثيات المتعامدة (س ، ص) كالآتي :

$$س = \sigma \cos \theta \quad \text{ص} = \sigma \sin \theta$$

$$س = \sigma \cos \theta \quad \text{ص} = \sigma \sin \theta$$

النقطة (عرض 49° شمال ، طول 17° شرق)

$$س = 2 \times 255224 \times \frac{171996}{2} \times \cos 17^\circ = 2902262 \text{ سم}$$

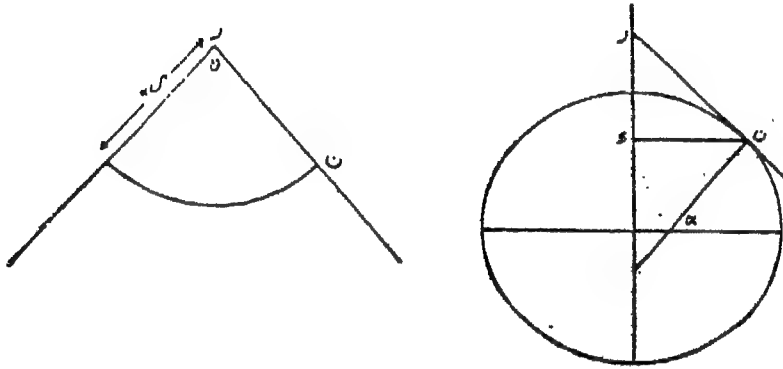
$$ص = 2 \times 255224 \times \frac{171996}{2} \times \sin 17^\circ = 447377 \text{ سم}$$

وبتكرار هذا العمل نحصل على قائمة الاحداثيات الآتية :

قائمة الإحصائيات المتبادلة

مرض	٤٧°		٧٣°		٧٣°	
	س	س	س	س	س	س
١٦	٤٤٥٥٦١ —	٠٠٠٠٠٠	٠٠٠٠٠	٢٦٠٧٨٠٨	٠٠٠٠٠٠	١٦٣٥٣٣
١٧	٤٤٥٥٦١ —	٢٠٣٨٠٢	١١٦٣٣	٧٣٠٧٨٠٨	٧٦٦٢٦٨	٨٨٧٣٧٧
١٨	٤٣٧٦٤٥ —	٦٠٣٦٠٥	١٧٧٢٢	٧٨٠٦٠٧٨	٥٧٢٢٨٥	١٠١٥٣٥٣

المقط المخروطى النشأى
أو
مقط لامبرت المخروطى النشأى
للارض الشبه كرويه



شكل ١٠٤

يرسم مخروط التماس حول دائرة العرض الرئيسى α .

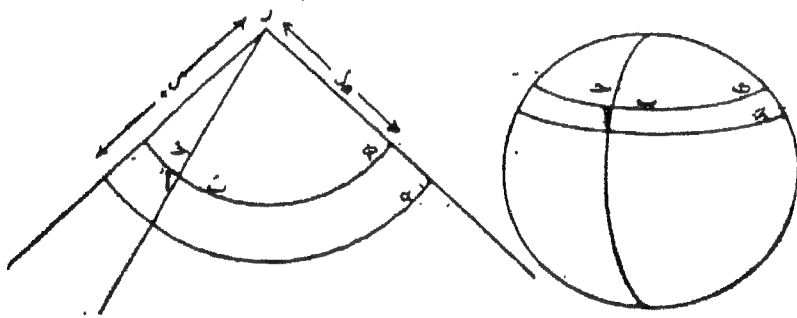
وتكون زاوية رأس المخروط $\theta = \lambda \cdot \alpha$.

كما يكون نصف قطر قوس دائرة العرض الرئيسى على المسقط

$$m_\alpha = r_n = \frac{s}{\alpha \cdot \alpha} = \frac{r \cdot \alpha}{\alpha \cdot \alpha} = \frac{r}{\alpha} \quad \text{حيث } \alpha \text{ ظل } \alpha$$

ويمكن الحصول على هذه القيمة باستخدام الجدول فى صفحة ٢٢٢ الذى يعطى
أنصاف أقطار دوائر العرض.

وبعد ذلك ترسم أقواس دوائر العرض الأخرى من مراكزها عند رأس المخروط (ر) بحيث تحقق خاصية التشابه أى بحيث تعطى تناصبا في الأبعاد .
وللحصول على قيمة نصف قطر دوائر العرض ϕ على المصنط (مر) .



شكل ١٠٥

١ ، ب نقطتان على دائرة العرض ϕ على سطح الأرض وتبعدان عن بعضها
بزاوية طول صغيرة مقدارها $\Delta \lambda$.

ونقطة ح على خط طول ١ وتبعد عن ١ بزاوية عرض صغيرة مقدارها
 $\Delta \phi$.

ونفرض أن ١ ، ب ، ح هي مساقط ١ ، ب ، ح

ونفرض أن قيمة نصف قطر دائرة العرض ϕ على المصنط مر

$$١ \text{ ب} = r \Delta \phi \cdot \phi$$

$$١ \text{ ح} = r \Delta \lambda \cdot \phi$$

- ٢٤٩ -

$$\sqrt{\Delta} - = \sqrt{\Delta}$$

$$\theta \Delta \cdot \sqrt{\Delta} = \sqrt{\Delta}$$

$$\alpha \Delta \cdot \lambda \Delta = \theta \Delta$$

$$\frac{\sqrt{\Delta}}{\Delta} = \frac{\sqrt{\Delta}}{\Delta} \text{ خاصية التشابه تعطى}$$

$$\frac{\theta \Delta \cdot \sqrt{\Delta}}{\lambda \Delta \cdot \phi \Delta} = \frac{\sqrt{\Delta} -}{\phi \Delta \cdot \rho}$$

$$\alpha \Delta \cdot \lambda \Delta = \theta \Delta \text{ وبالمعنى عن } \theta \Delta$$

$$\frac{\alpha \Delta \cdot \phi \Delta \cdot \rho}{\phi \Delta} = \frac{\sqrt{\Delta}}{\sqrt{\Delta}}$$

$$\phi \Delta \frac{\frac{1}{2}(\phi^2 \Delta - 1)}{\phi \Delta} \times \frac{\alpha \Delta (1 - \phi^2 \Delta)}{\frac{1}{2}(\phi^2 \Delta - 1)} =$$

$$\phi \Delta \frac{(1 - \phi^2 \Delta) \alpha \Delta}{(\phi^2 \Delta - 1) \phi \Delta} =$$

$$\times \left[\frac{\phi^2 \Delta}{\alpha \Delta \phi^2 \Delta - 1} - \frac{1}{\phi^2 \Delta - 1} \right] \alpha \Delta = \frac{\sqrt{\Delta}}{\sqrt{\Delta}}$$

$$\phi \Delta \cdot \phi \Delta$$

- ٢٤٣ -

وباجراء الف-كامل

$$\times \left(\frac{f}{\phi^2 \alpha - 1} \times \frac{1}{\phi^2 \alpha - 1} \right) \int_{\alpha}^{\phi} \alpha \, d\alpha = \frac{\phi}{\phi} \int_{\alpha}^{\phi} \alpha \, d\alpha$$

جنا . . و

وبوضع $\psi = f \, \alpha$ في التكسر الثاني للتكامل

وكذلك $\alpha = \frac{\psi}{\phi}$ ينتج أن

$$\int_{\psi}^{\psi} \frac{\psi}{\psi^2 \alpha - 1} \int_{\alpha}^{\phi} \alpha \, d\alpha + \int_{\psi}^{\psi} \frac{\psi}{\psi^2 \alpha - 1} \int_{\alpha}^{\phi} \alpha \, d\alpha = \frac{\phi}{\phi} \int_{\alpha}^{\phi} \alpha \, d\alpha$$

$$\int_{\alpha}^{\phi} \left[\left(\frac{\phi}{\psi} + \frac{\psi}{\alpha} \right) \log \alpha \right] \alpha \, d\alpha = \int_{\alpha}^{\phi} \left[\log \alpha \right] \alpha \, d\alpha$$

$$+ \int_{\psi}^{\psi} \left[\left(\frac{\psi}{\alpha} + \frac{\alpha}{\psi} \right) \log \alpha \right] \alpha \, d\alpha$$

- ٢٤٤ -

$$\left[\begin{array}{c} \text{ظا} \left(\frac{\phi}{2} + \frac{\tau}{4} \right) \\ \text{ظا} \left(\frac{\alpha}{2} + \frac{\tau}{4} \right) \end{array} \right] \text{ لو} = \frac{\phi}{\alpha} \text{ حـا} \alpha$$

$$\left[\begin{array}{c} \text{ظا} \left(\frac{\psi}{2} + \frac{\tau}{4} \right) \\ \text{ظا} \left(\frac{\psi}{2} + \frac{\tau}{4} \right) \end{array} \right] \text{ لو} + \text{فـد حـا} \alpha$$

$$\alpha \text{ حـا} \times \left[\begin{array}{c} \text{ظا} \left(\frac{\alpha}{2} + \frac{\tau}{4} \right) \\ \text{ظا} \left(\frac{\phi}{2} + \frac{\tau}{4} \right) \end{array} \right] = \alpha \text{ حـا}$$

$$\alpha \text{ حـا} \times \left[\begin{array}{c} \text{ظا} \left(\frac{\psi}{2} + \frac{\tau}{4} \right) \\ \text{ظا} \left(\frac{\psi}{2} + \frac{\tau}{4} \right) \end{array} \right]$$

وكلمة يحتاج في المساقط المخروطية المرسومة بمقاييس كبيرة يتم حساب
الاحداثيات المتعادلة للنقط التي تمثل الهيكل الجغرافي .

وتكون نقطة الأصل عند تقاطع الطول الأوسط مع العرض الرئيسي

- ٢٤٥ -

وتتكون من : ϕ ح λ حيث $\lambda = \alpha$

و $\psi = \phi - \alpha$ ح λ

مثال : مسقط لامبرت المخروطي التشابهي بقياس ١ : ٢٠٠.٠٠٠ فيه
العرض الرئيسي ٣٠° شمال الأطول الأوسط ٢٧° شرق .

ثابت المخروط = جا ٣٠ = ٥٠

الطول ٢٨° شرق $\lambda = ١$ $\lambda = ٥٠$

د ٢٩° د $\lambda = ٢$ $\lambda = ٥٠$

$$\frac{-100}{200000} \times \frac{552849377}{50} = \frac{30.4}{30.1} = \psi$$

$$= 55284947 \text{ سم}$$

العرض ٣١° $\psi = \phi - \lambda$ ف ح $\lambda = ٣٠$ $\psi = ٢٣٤٩٥٥٠$

$\psi = ٢٣٤٢٠٢٥٧$ $\psi = \phi - \lambda$ ف ح $\lambda = ٣١$

$$\psi = \phi - \lambda \quad \times \left[\frac{\text{ظا } \left(\frac{\psi}{\phi} + 40 \right)}{\text{ظا } \left(\frac{\lambda}{\phi} + 40 \right)} \right]$$

- ٢٤٦ -

$$\text{ف.ح.ا} \left[\frac{\left(\frac{22420207}{2} + 40 \right) \text{ظا}}{\left(\frac{22349000}{2} + 40 \right) \text{ظا}} \right]$$

$$120000006 \times 0.98992282 \times 0.02884937 =$$

$$= 0.04730.092 \text{ سم}$$

$$\text{العرض } 29^\circ \quad \psi = 1^\circ \text{ ح.ا} \quad \psi = 2^\circ 34' 49.000''$$

$$\psi = 2^\circ 34' 49.000'' \quad \psi = 2^\circ 34' 49.000''$$

$$\text{ح.ا} \times \left[\frac{\left(\frac{30}{2} + 40 \right) \text{ظا}}{\left(\frac{29}{2} + 40 \right) \text{ظا}} \right] \quad \text{مس.} = \text{مس.}$$

$$\text{ف.ح.ا} \left[\frac{\left(\frac{22278131}{2} + 40 \right) \text{ظا}}{\left(\frac{22349000}{2} + 40 \right) \text{ظا}} \right]$$

$$0.99994886 \times 1201007717 \times 0.02884937 = \text{مس.}$$

$$= 0.00839197 \text{ سم}$$

ويمكن الحصول على الاحداثيات المتعامدة لنقط الهيكل الجغرافي وتكون

الاحداثيات منسوبة الى محورين :

- ٢٤٧ -

المصادات وينطبق على خط الطول الأوسط ٢٧° شرق نقطة الأصل
عند العرض الرئيسي ٣٠° س .

النقطة (عرض ٣١° شمال ، طول ٢٨° شرق) $\lambda = 1^\circ$ و $\lambda' = 0.0$

$$س = مس_1 \text{ ح } \lambda = ٥٤٧٣٢.٥٩٢ \text{ ح } ٥.٠ = ٤٧٧٦٠.٨ \text{ سم}$$

$$ص = س - مس_2 \text{ ح } \lambda' = ٥٤٧٣٢.٥٩٢ - ٥٥٢٨٧.٤٩٢٧ = ٥٥٢٨٧.٤٩٢٧ \text{ ح } ٥.٠$$

$$= ٥٥٢٦٤٢٩ \text{ سم}$$

وبتكرار هذا العمل لباقي نقط الجيب كل الجغرافي نحصل على الاحداثيات
المبينة في الجدول الآتي :

٢١	٣٠	٢٩	عرض / طول	
			س	ص
صفر	صفر	صفر	س	ص
٥٥٢٦٤٢٩	صفر	٥٥٢٦٤٢٩	ص	٢٧
٤٧٧٦٠.٨	٤٨٧٢٤٤٦	٤٨٧٢٢٨٣	س	٢٨
٥٥٢٦٤٢٩	٠.٢١٠٥	٥٥٢٦١٣٤	ص	٢٩
٩٥٢٥٢٨١	٩٦٢٤٨٥٥	٩٧٢٤٥٢٨	س	٢٩
٥٦٢٦٨١	٠.٢٨٤٢٠	٥٤٢٥٧٥٥	ص	

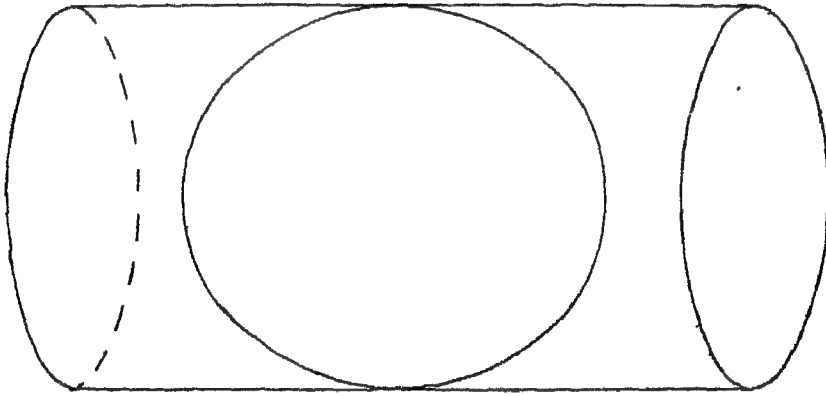
— ٢٤٨ —

مسقط مركبتور المستعرض

الأرض الشبه كروية

أو

مسقط جياوس التشابهي



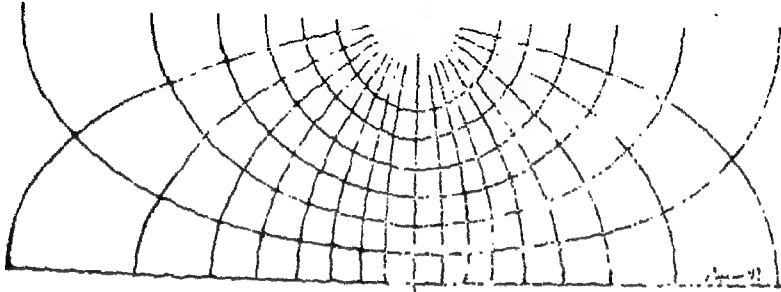
شكل ١٠٦

ينتج هذا المسقط بطريقة مشابهة لمسقط مركبتور ولكن تتكون اسطوانة القياس في وضع مستعرض — أي تمس سطح الأرض حول أحد خطوط الطول

في هذه الحالة يمسقط خط طول القياس إلى خط مستقيم رأسي يساوي في طوله محيط خط الطول على سطح الأرض . ويتم إسقاط باقي المعالم بطريقة التشابه فيأخذ الهيكل الجغرافي الشكل المبين في الصفحة المقابلة .

والرياضيات العالية تعطى المعادلات المستخدمة لإنشاء المسقط بطريقة

مختصرة وجميلة :



شكل ١٠٧

في هذا المسقط ستستخدم محور السينات رأسياً نحو الشمال ومنطبقاً على خط طول التماس (خط الطول الأوسط)، كما هو متبع في أعمال المساحة بصفة عامة وفي المساحة المصرية بصفة خاصة والتي كانت رائدة بين دول العالم في تطبيق هذا المسقط على أعمالها المساحية.

ويكون محور الصادات عمودياً على محور السينات ومتجهاً نحو الشرق وذلك عند نقطة اختيارية على محور السينات.

الدوال المترافقة

إذا كانت s ، v دالتين حقيقيتين للمتغيرين u ، w وأمكن تعريفهما بالعلاقة $s + v = d$ ($u + w$) حيث $y = \sqrt{1 - x^2}$ فإنه يقال أن s ، v دالتين مترافقتين.

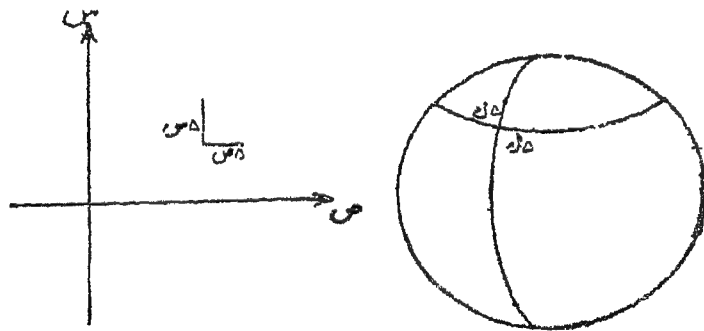
والخواص المميزة للدوال المترافقة والتي من أجلها تستخدم في الوصول إلى معادلات المساقطة التناظرية هي:

١ - كل منحني نحصل عليه عندما تكون ϕ ثابتة القيمة ، بينما λ تكون متغيرة ، يتقاطع عموديا مع جميع المنحنيات التي نحصل عليها عندما تكون λ ثابتة ، بينما ϕ تكون متغيرة .

٢ - تكون النسبة ثابتة بين أي مسافة صغيرة على السطح الذي يشمل S ، s والمتصاغة الصغيرة المناظرة على السطح الذي يشمل U ، u ؛ وذلك حول أي نقطة .

تطبيق الدوال المترافقة على المسافة القسائية

S ، s هما الاحداثيان المتعامدان على سطح الخريطة وذلك بالنسبة للمحورين السابق الاتفاق عليهما . ولكن لا يمكن اعتبار u ، u على انهما الاحداثيان ϕ ، λ على سطح الأرض لأن ϕ على سطح الأرض لا ترى λ في طولها .



شكل ١٠٨

إذا كانت K المسافة على خط الطول

— ٢٥١ —

وكانت ل المسافة على دائرة العرض

ويمكتب العلاقة العامة للسطح التشابهي على الصورة

$$(س + ي ص) = د (ك + ي ل)$$

$$\frac{\Delta ك}{\Delta ل} = \frac{\Delta س}{\Delta ص} \quad \text{للتناسب بين الأطوال المتناظرة يكون}$$

$$\frac{\Delta س}{\Delta ص} = \frac{\phi \Delta \rho}{\lambda \Delta \phi} \quad \text{حيث } \rho \text{ هو نصف قطر الانحناء لخط الطول ،}$$

ϕ هي نصف قطر دائرة العرض ϕ على سطح الأرض .

$$\frac{\Delta س}{\Delta ص} = \frac{\phi \Delta}{\lambda \Delta} = \frac{\Delta ط}{\Delta} \quad \text{حيث } \Delta ط = \frac{\phi \Delta \rho}{\phi}$$

$$\text{وبذلك تكون } \Delta ط \text{ دالة في المتغير } \phi \text{ وحده ، } \Delta ط = \left(\frac{\rho}{\phi} \right) \phi$$

ويمكتب العلاقة العامة بالصورة

$$س + ي ص = \sigma (ط + ي ل)$$

وباستخدام مفكوك تايلور

$$س + ي ص = \sigma (ط) + \sigma' (ط) ي ل + \frac{\sigma'' (ط)}{2} (ط)^2 - \dots$$

- ٢٥٢ -

$$\dots + (\sigma)^{(2)} \frac{\tau_{\lambda}}{2J} \dots$$

وبمسواة الاجزاء الحقيقية والاجزاء التخيلية في كلا الطرفين

$$\dots - (\sigma)^{(1)} \frac{\tau_{\lambda}}{4J} + (\sigma)^{(2)} \frac{\tau_{\lambda}}{2J} - (\sigma) = 0$$

$$\dots - (\sigma)^{(3)} \frac{\tau_{\lambda}}{8J} + (\sigma)^{(2)} \frac{\tau_{\lambda}}{2J} - (\sigma) = 0$$

مقطع مركبوتر المستعرض

للحصول على (σ) ومشتقاتها نأخذ الحالة التي ينطبق فيها محور السينات على خط الطول الأوسط أي عندما $\lambda = 0$ صفر في هذه الحالة تكون $\sigma = (\sigma)$

وقد مقطع مركبوتر المستعرض تكون σ هي المسافة على خط الطول الأوسط

$$\int_0^{\Phi} \sigma \cdot p \cdot \Phi =$$

$$\int_0^{\Phi} \sigma \cdot p \cdot \Phi = (\sigma) \cdot \sigma$$

$$\sigma = (\sigma)$$

— ٢٤٤ —

مثال : لايوجد احداثيات النقطة الواقعة عند تقاطع العرض ٣٠° شمال والطول ٣٢° شرق باعتبار خط الطول الاوسط ٣١° شرق .

$$\rho = \frac{ط}{180} = 1 = 31 - 32 = 1$$

$$نق. ٣ = ٤٩٣٥٧٣ - ٥٥٢٨ متر$$

$$طول قوس خط الطول من الاستواء الى العرض ٣٠° = ١٦١٥٧٠ - ٣٣٢٠$$

$$س = ١٦١٥٧٠ - ٣٣٢٠ + \left(\frac{ط}{180} \right)^2 \times \frac{1}{2} \times نق. ٣ ح. ٣٠$$

$$+ \left(\frac{ط}{180} \right)^4 \times \frac{1}{24} \times (نق. ٣ ح. ٣٠ - ٣٠ ح. ٣٠)$$

$$= ١٦١٥٧٠ - ٣٣٢٠ + ٤٢١٥٠٠٠ + ٠٠٠$$

$$= ١٦١٥٧٠ - ٣٣٢٠ متر$$

$$= ١٦١٥٧٠ - ٣٣٢٠ + \left(\frac{ط}{180} \right)^2 \times نق. ٣$$

$$+ \left(\frac{ط}{180} \right)^4 \times \frac{1}{24} \times \left(\frac{نق. ٣ ح. ٣٠}{\rho} - ٣٠ ح. ٣٠ \right)$$

$$= ١٦١٥٧٠ - ٣٣٢٠ + \left(\frac{ط}{180} \right)^2 \times نق. ٣ \times (٣٠ ح. ٣٠ - ٣٠ ح. ٣٠)$$

$$+ (٣٠ ح. ٣٠)$$

$$= ١٦١٥٧٠ - ٣٣٢٠ + ٤٢١٥٠٠٠ + الحد الثالث صغير$$

$$= ١٦١٥٧٠ - ٣٣٢٠$$

تطبيق مخطط مركبتور المستعرض في المساحة المصرية

ترتبط شبكة المثلثات الرئيسية في مصر بمناطق العمران التي تنحصر في منطقة وادي النيل والدلتا، وتعرف النقط الجيوديسية في هذه الشبكة بأحداثياتها الجغرافية (λ, ϕ) ومن بين المساحات النشائية تم اختيار مخطط مركبتور المستعرض لتمثيل مصر على الخرائط المساحية.

وكان واضحاً أن خط الطول الأوسط المناسب هو خط الطول ٣١° شرق الذي يمر في وادي النيل والدلتا والذي يتوسط مصر من ناحية الامتداد مع درجات الطول من ٢٥° إلى ٣٦° شرق جرينتش.

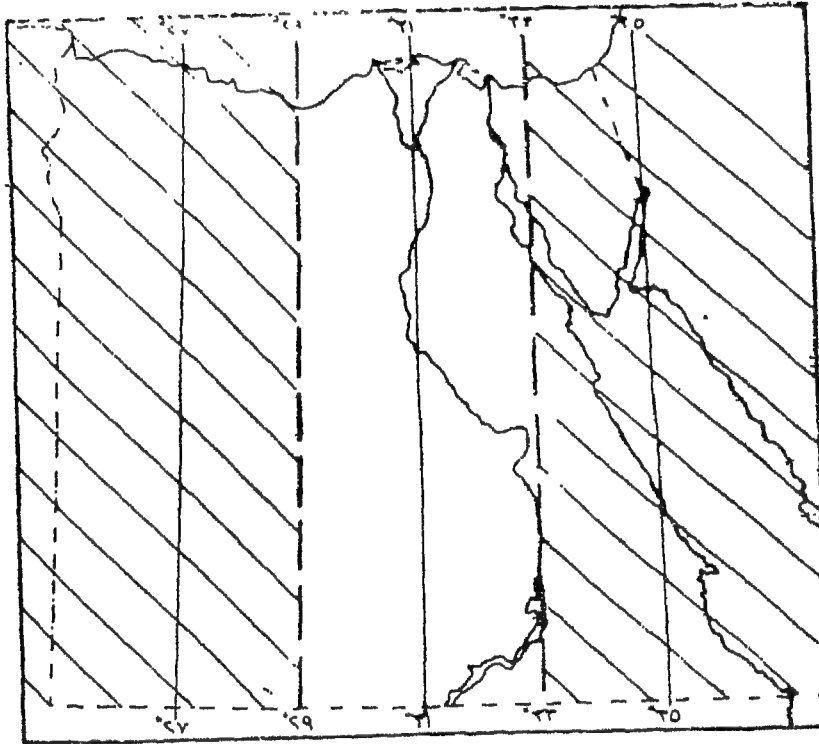
والمعروف أن التنويه في شكل المعالم المرسومة على الخريطة يأخذ مكانه في مخطط مركبتور المستعرض كما لمبتعدنا عن خط الطول الأوسط - الحالي من التنويه - ويتزايد التنويه ويصبح ملحوظاً (حسبياً) بعد درجتين طوليتين.

لذلك قسمت مصر إلى ثلاثة شرائح طولية وتم رسم كل شريحة منها على حدة كالآتي:

١ - الشريحة الأولى تمتد من الطول ٢٥° إلى ٢٩° شرق بخط طول أوسط ٢٧° ، لتغطي منطقة الصحراء الغربية.

٢ - الشريحة الثانية تمتد من الطول ٢٩° إلى ٣٣° شرق بخط طول أوسط ٣١° ، لتغطي وادي النيل والدلتا.

٢ - الخريطة الثالثة وتمتد من الطول ٣٣° الى ٣٦° شرق بخط طول
أوسط ٣٥° ، تغطي سيناء وبعض اجزاء الصحراء الشرقية .



شكل ١٠٩

تعديل الاحداثيات

وكما سبق يتبين أن الاحداثى المسمى (فى اتجاه الشمال) لاي موقع على مسقط
مركبتور المستعرض يتضمن طول المسافة على خط الطول من الاستواء الى هذا
الموقع . وفى حالة مصر تصل هذه المسافة الى حوالى ٣٠٠٠ كيلو متر . لذلك تم
اتخاذ نقط الاصل الثلاثة لكل مسقط . الشرائح الثلاثة عند

العرض ٣٠° شمال . وذلك يقلل من قيمة الاحداثى السينى لجميع النقط بحوالى ٣٠٠٠ كيلو متر .

وحتى يمكن تلافى الاحداثيات السينية السالبة للامكان الواقعة جنوب خط العرض ٣٠° شمال ، أضيف عدد كامل من الكيلومترات الى جميع الاحداثيات السينية ، وفى الوقت نفسه أضيف عدد آخر من الكيلومترات الى الاحداثيات الصادية لجميع النقط حتى لانكون هناك احداثيات صادية سالبة للنقط الواقعة غرب خط الطول الأوسط . والجدول الآتى يبين هذه التعديلات فى كل من المساقط للمناطق الثلاثة

المنطقة	حدود خطوط الطول	خط الطول الأوسط	الإضافة الكيلومترية للاحداثيات	موقع نقطة الصفر
الصحراء الغربية	من ٢٥ الى ٢٩	٢٧	س ٢٠٠ كم ص ٧٠٠	داخل الاراضى الليبية
وادي النيل والدلتا	من ٢٩ الى ٣٣	٣١	س ٨١٠ ص ٦١٥	بالقرب من الركن الجنوبي الغربى للحدود السياسية
سيناء	من ٣٣ الى ٣٦	٣٥	س ١١٠٠ ص ٣٠٠	داخل الاراضى السودانية

حساب الاحداثيات في الم. ا. ح. المصرية

استخدمت المساحة المصرية شكلاً شـ — به كروياً اسطح الأرض هو شكل
 هلمرت ١٩٠٦. وذلك قبل أن يتقرر استخدام الشـ كل الدول لها يفرد ١٩١٠ .
 وتم حساب الاحداثيات المتعامدة للمواقع الجيوديسية وللحدود الخرائطية على شكل
 هلمرت . والجدول في صفحة ٢٥٩ يبين بعض العناصر الأساسية لشكل هلمرت
 مع ذكر القيم المقابلة لها في شكل هايفورد

مقياس	مقياس	المقياس
١٩١٠	١٩٠٦	
٢٣٧٨ ٢٨٨ متر	٢٣٧٨ ٢٠٠ متر	١ نصف القطر الاستوائي
٢٣٥٦ ٩١٢	٢٣٥٦ ٨١٨	٢ نصف القطر القطبي
٠.٠٠ ٦٧٢٢٦٩	٠.٠٠ ٦٦ ٩٢٤٠	٣ مربع الاختلاف المركزي
٦٥٢١ ٥١٢٥٦ متر	٦٣٥١ ٤٤٢٩٢ متر	٤ نصف قطر الإختناج فيند
٦٢٨٢ ٧٥٤٦٩	٦٢٨٢ ٥٩٣١٧	٥ المرض ٢٠
٥٥٢٨ ٤٩٣٧٣	٥٥٢٨ ٣١٠٥٥	٦ نصف قطر دائرة المرض ٢٠
٢٣٢٠ ١٦١٧٠	٢٣٢٠ ١٤٩١٠	٧ طول القوس على خط الطول
١٨٤٧٥٨٠	١٨٤٧٥٥٩	٨ من الاستواء الى المرض ٢٠
		٩ طول دقيقة واحدة عرضية
		١٠ على خط الطول عند المرض ٢٠

- ٢٦٠ -

مثال :

على شكل هليوت المطلوب حساب الاحداثيات المتعامدة (س ، ص) للوقع
الجغرافي (عرض ٣١° شمال ، طول ٣٠° - ٢٨° شرق) على شبكة احداثيات
وادي النيل بخط الطول الأوسط ٣١° شرق

$$\frac{\lambda}{120} = \frac{\tau}{180} \times \frac{2}{2} = 0.150 = 15' = \lambda$$

$$6252.418247 = \tau_1^p \quad 5472.044118 = \tau_1^q$$

$$3436.011110 = 31^\circ \text{ طول قوس خط الطول من الاستواء إلى العرض}$$

$$2320.149110 = 30^\circ \quad , \quad , \quad , \quad ,$$

$$س = 3431.011110 + \left(\frac{\tau}{120} \right) \times \frac{1}{2} \times \tau_1^q \text{ حـ } 31^\circ$$

$$\left(\tau_1^q - \tau_1^p \right) \times \left(\frac{\tau}{120} \right) \times \frac{1}{2}$$

$$0.37 + 965282 + 3431.011110 =$$

ويطرح طول قوس خط الطول من الاستواء إلى العرض ٣٠° وبإضافة ٨١٠

كيلومتر

$$س = 0.37 + 965282 + 3431.011110 =$$

$$- 2320.149110 = 810.000 + 82819 = 82819.000 \text{ متر}$$

- ٢٦١ -

$$X_{r_1, r_2} \left(\frac{p}{120} \right) \frac{1}{r_1} + r_1 \left(\frac{p}{120} \right) \frac{1}{r_2} = \text{ص}$$

$$r_1 \left(\frac{p}{120} \right) \frac{1}{r_2} + \left(r_1^2 - \frac{r_1^2 \text{ جتا } \alpha}{r_1^2} \right)$$

$$\left[\left(r_1^2 \text{ جتا } \alpha + r_1^2 \text{ جتا } \alpha - r_1^2 \text{ جتا } \alpha - r_1^2 \text{ جتا } \alpha \right) \right]$$

$$\left[\text{ص} + ٧٧٤ + ١٤٣ ٢٥٧٧٨ \right] =$$

وإضافة ٦١٥ كيلو متر

$$\text{ص} = ١٤٣ ٢٦٥ ٥٥٢ + ٦١٥ ٠٠٠ = ٧٣٤ ٧٤٨ \text{ متر}$$

الباب التاسع

تاريخ مساقط الخرائط

يرجع تاريخ المساقط إلى وقت بعيد عندما كان الرياضيون والفلكيون في محاولات لتمثيل السماء على الخرائط .

وضمن ماتركه بطليموس (٩٠ - ١٦٨ م) من مؤلفات يوجد شرح لطريقة رسم الكرة السماوية على سطح مستوي ومنها يشرح أيضا طريقة تمثيل الاقواس الكروية . وهذه في الواقع طريقة رسم المسقط الاورثوجرافي . وذكّر بطليموس أيضا طريقة أخرى لتمثيل الكرة السماوية والتي تعرف الآن باسم المسقط المجسم أو الاستريوجرافي .

ويرجح أن بطليموس نقل هذين المسقطين عن هيباركوس (القرن الثاني الميلادي) العالم الفلكي الشهير .

أما المسقط المركزي فقد كان معروفا قبل هذين المسقطين فقد ظهرت فكرته مع فكرة الأرض الكروية أيام الاغريق .

وبغض النظر عن استخدام المساقط لتمثيل السماء على الخرائط ، لم تدخل فكرة الاسقاط لمعالم سطح الأرض إلا بعد أيام ايراتوستين (٢٧٦ - ١٩٥ ق . م) الذي رسم خريطة عليها خطوط الطول والعرض المستقيمة وهي

الخريطة التي قام بتصحيحها من بعده هيباركوس ثم ماريينوس (القرن الثاني الميلادي) . وخريطة ايراثوستين والتي صححت بمعرفة هيباركوس ثم ماريينوس لا تخضع لأى من القواعد الهندسية المعروفة الآن عن المساقط .

مساقط بطليموس

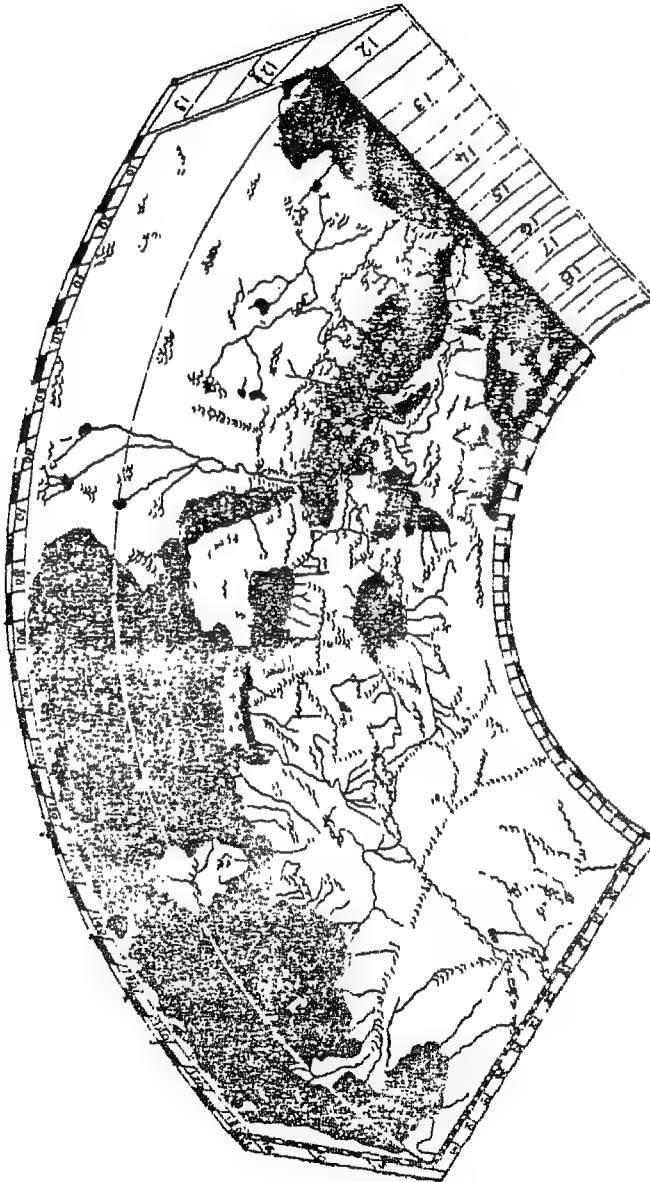
أما بطليموس فيعتبر أول من استعان بمفكرة الاقطاف في رسم الخرائط الجغرافية . ففى خرائط بطليموس التي رسمها لكي دولة نجد أنه يرسم خطوط الطول والعرض خطوطاً مستقيمة متعامدة - . إذ أنه كان على علم بأن المناطق الصغيرة من سطح الأرض لا تتأثر كثيراً بالانحناء الكروي - وعلى ذلك يمكن إهمال الأخطاء الصغيرة التي قد تظهر بعيداً عن مركز الخريطة .

كما كان بطليموس على علم بأنه عند رسم خريطة تبين العالم كله يجب عليه اتخاذ بعض الاحتياطات الهندسية والتي بها يتجلى ظهور الأخطاء . ولذلك أخذ بطليموس نوعين من المساقط عندما قام برسم خرائط العالم .

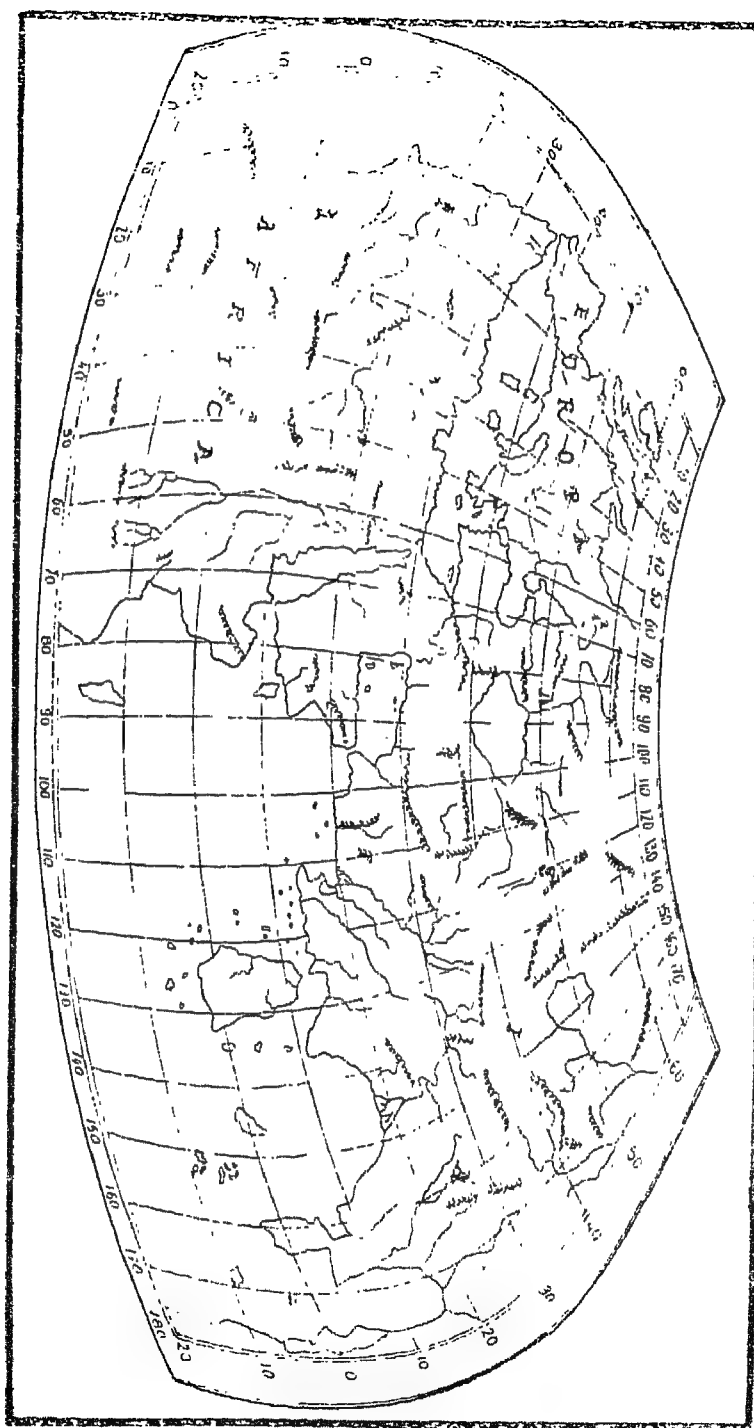
النوع الأول وفيه ظهرت خطوط العرض أقواس دوائر لها نفس المركز الذي يقع خارج حدود الخريطة . كما رسمت خطوط الطول مستقيمة وتقتارب من بعضها كلما اتجهت شمالاً وتقابل في نقطة خارج الخريطة . أما المنطقة الواقعة للجنوب من الاستواء فرسمت خطوط الطول فيها متقاربة في الاتجاه الجنوبي . وبذلك تقابلت خطوط الطول الشمالية مع خطوط الطول الجنوبية عند الاستواء في شكل زوايا .

وهذا المسقط يشبه المسقط المعروف حالياً بالمسقط المخروطي البسيط فيما عدا الأخطاء التي ظهرت جنوب الاستواء .

— ٢٦٤ —



شكل ١١٠
خريطة بطليموس



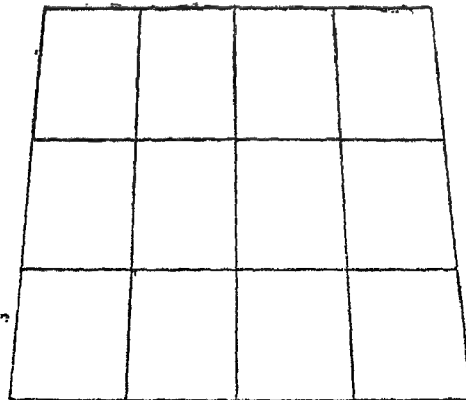
شکل ١١١
خريطة بطليموس

وعلى النوع الثاني من المسائط الذى أخذ بطليموس لخريطة العالم فعاينه ظهرت كلا من خطوط الطول وخطوط العرض منحنية . ويظن أنه صنع هذا المسقط لتعديل المسقط الأول . وعلى كل ففى كلا المسقطين نجد أن التشويه يتزايد كلما ابتعدنا عن مركز الخريطة .

هذا المسقط الثانى لبطليموس قريب الشبه من المسقط المعروف حالياً باسم مسقط بون . وقد قام فالديسيمولر بتطوير مسقط بطليموس الثانى ورسم عليه خريطة المعروفة للعالم عام ١٥٠٧ .

مساقط عصر النهضة وبداية عصر الكشوف الجغرافية

من المعروف أن خرائط عصر النهضة بدأت بترجمة مؤلفات بطليموس . الجغرافية التى كانت تحتوى على العديد من الخرائط . وصاحب تلك الترجمة تعديلات وتصحيحات وإضافة إلى خرائط بطليموس الأصلية . وظهرت في موجه الترجمة هذه مسقطا جديدا في شكله ويشبه لإطاره شكل شبه المنحرف ولكنه لا يتميز بأية خصائص كما أنه لا يخضع للقواعد الهندسية المعروفة الآن في المسائط .



شكل ١١٢

وفي بداية عصر الكشوف الجغرافية ظهرت خرائط على ما يسمى إسقاط مستوى وعليها كانت خطوط العرض مستقيمة ومتوازية وفي أماكنها المضطربة لئلا أن تحددهم موقع خط العرض كان يمكننا بدقة عالية أما خطوط الطول فكانت معرضة لاختلاف في مراقبتها .

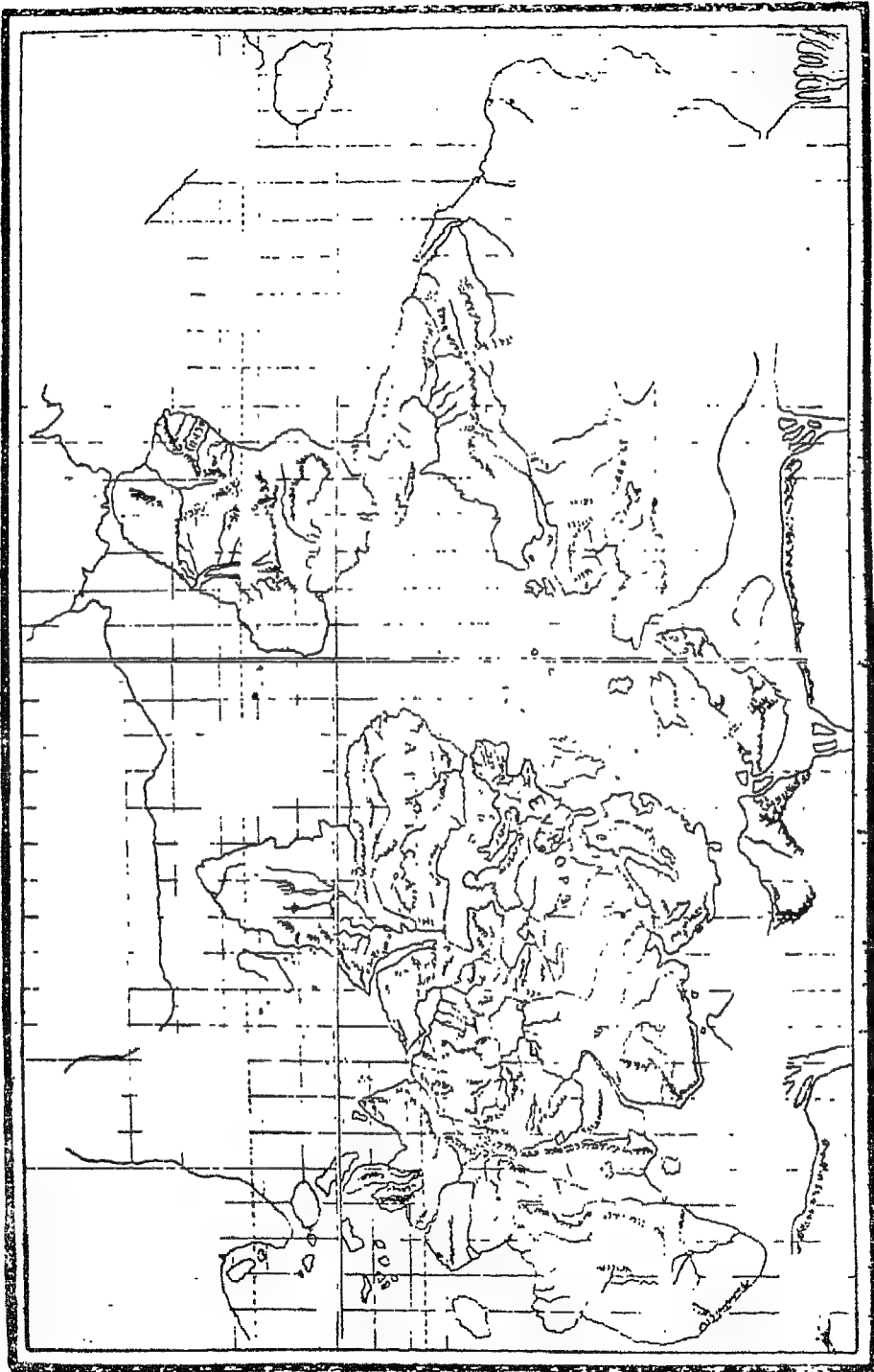
أما خرائط البورتولانو التي كانت ترسم في جنوة بإيطاليا واحل البحر المتوسط والمناطق المجاورة وكذلك الخرائط الأولى للمحيط الهندي في ذلك الوقت فبالرغم من الدقة العالية للمعالم الجغرافية التي ظهرت على الخرائط إلا أنها لم تعتمد على أى مسقط من المساقط .

مركيتور

جاء مركيتور وسلك طريقا متحررا عن طريق بطليموس . قام مركيتور برسم خريطة لأوروبا عام ١٥٥٤ على مسقط محروطي بعرضين رئيسيين كما قام بعمل المسقط المعروف باسمه والذي استخدمه في رسم خريطة العالم البحرية عام ١٥٦٩ وعلى هذه الخريطة كتب مركيتور طريقة رسم المسقط .

وبعد مركيتور ولبتداء من القرن السابع عشر أنفتح ذهن الكاروجرافيين على إيجاد مساقط متنوعة . فقام سانسون الفرنسي بعمل المسقط المقرون باسمه ولسم فلامستيد الانجليزي ولكن سانسون هو الذي وضع قواعد هذا المسقط وخصائصه أما فلامستيد فقد نقله عنه وطبقه في رسم بعض الخرائط .

كما ظهر بعد ذلك المسقط الكروي في فرنسا وتناوله بعض الكاروجرافيون بالتعديل ولكن بدون اهتمام كبير نظرا لأنه لا يحتوي على خصائص هندسية معينة ، إلا سهولة رسمه .



شكل ١١٣
خريطة مركاتور للعالم

مساقط القرن الثامن عشر

شهد القرن الثامن عشر على يد لامبرت مجموعة كبيرة من المساقط رقى نفس الوقت كان مردوخ في إنجلترا على اهتمام كبير بالمساقط الجغرافية . وكان اهتمام كليهما بالمساقط المخروطية .

قام مردوخ بدراسة ثلاثة أنواع متطورة من المسقط المخروطى البسيط كل نوع منها يحقق ميزة معينة .

أما لامبرت وهو ألماني ، فقد قدم إلى المساقط عددا لم يقدمه غيره من الكارتوجرافيين . فقام بإعداد المساقط الآتية :

١ — المخروطى متساوى المساحات بعرض رئيسى واحد وهو المسقط المعروف باسمه .

٢ — المخروطى التشابهي بعرضين رئيسين .

٣ — الاسطوانى متساوى المساحات .

٤ — الاسطوانى المستعرض متساوى المساحات .

٥ — الانجهاى متساوى المساحات .

وجدير بالذكر أن تلك المساقط بالذات ما زالت تعتبر الأساس المربى فى عمليات إنشاء الخرائط .

وفى هذا القرن أيضا قام البروتسجم المسقط المعروف باسمه وهو المخروطى متساوى المساحات بعرضين رئيسيين ولكن المسقط لم يعرف إلا فى نهاية القرن التاسع عشر .

وفي القرن الثامن عشر عاش كاسيني وهو حفيد كاسيني الذي رسم خريطة فرنسا في أرضية مرصده بباريس . وهذا الحفيد قام بتصميم مسقط مازال معروفا باسمه . وعلى هذا المسقط قام بتوقيع نتائج عمليات المثلثات الخاصة بفرنسا والتي كانت أول عملية مساحة منظمة شاملة لدولة بأكملها . وأدت هذه العملية إلى مجموعة من الخرائط الطبوغرافية الدقيقة التفاصيل والتي تمت بعد وفاته .

في عام ١٨٠٥ صمم مولغايدى المسقط المعروف باسمه .

وبعد ذلك الوقت وحتى الآن يظهر من وقت لآخر مسقط جديد أو تعديل لمسقط قديم . وتعتبر المناطق الجديدة باسماء صانعيها وتذكر منهم أيسكرت - وينكل - فان دير جرينتن - جول - هامار .

الباب العاشر

اختيار المسقط

علاقة المسقط بالموقع

باستعراض المساقط المتعددة التي ذكرت ، نجد أنها قسمت من حيث طريقة الإنشاء إلى مجموعات رئيسية هي : المعادلة والاسطوانية والمخروطية والاتجاهية .

وفي الواقع يتفق هذا التقسيم مع الهيكل الجغرافي لخطوط الطول والعرض المرسومة على سطح الأرض .

١ — فعند تمثيل منطقة إستوائية على خريطة يكون أحد المساقط الاسطوانية اختياراً ملائماً ، إذ ينتقل الاستواء إلى الخريطة مساوياً لطوله الأصلي على الأرض ويكون شكله مستقيماً . ومن ثم يصبح تشكيل المسقط سهلاً من حيث الحساب والرسم .

٢ — وعند تمثيل منطقة تقع بين الاستواء والقطب يكون أحد المساقط المخروطية ملائماً ، إذ ينتقل خط العرض الرئيس إلى الخريطة مطابقاً لطوله الأصلي على الأرض ويكون على شكل قوس من دائرة . ومن ثلك البداية يمكن لإكمال المسقط بسهولة .

٣ — وعند تمثيل منطقة قطبية يكون أحد المساقط الاتجاهية ملائماً ، إذ تنتقل جميع خطوط الطول المتساوية عند القطب الأرضي بمنطقة بنفس الزوايا الأصلية على سطح الأرض . أى أن خطوط الطول ستظهر على المسقط في صورة حزمة من المستقيمات المتساوية في نقطة وتكون الزوايا بينهما مساوية للزوايا

المناظرة على سطح الأرض . ومن ثم يمكن لكل المسقط بالسهرلة المعروفة في حالات المساقط الاتجاهية القطبية .

٤ - وهذا تمثيل العالم كله أو نصفه على خريطة يحسن الالتجاء إلى أحد المساقط المعدلة التي تعالج المنطقة ككل والتي تبدأ بتحديد شكل المحيط الخارجى للمسقط - مرة على شكل دائرة ومرة على شكل قطع ناقص . . . ثم يستكمل الهيكل الجغرافى للخريطة داخل الإطار المحدد للمسقط .

ولا يعتبر هذا التقسيم قاطعا في عملية اختيار المسقط ولكنه متبع في كثير من الحالات . ويلزم أن تكون على بينة من أن الإسطوانة هي حالة خاصة من المخروط تكون فيها زاوية رأس المخروط صفرا . كما وأن المستوى الذى يستخدم في حالة الإسقاط الاتجاهى هو أيضا حالة خاصة من المخروط والذى فيه تكون زاوية رأس المخروط 180° .

ويلزم أيضا أن نعرف أنه عند أى مكان على سطح الأرض يمكن الإسقاط بأى طريقة من الطرق المعروفة ولكن الإسقاط مع مراعاة التقسيم السابق يجعل الحساب أسهل ما يمكن .

فتلا عند مكان عرضه 90° شمال يمكن استخدام الإسقاط المخروطى بحيث يمس المخروط سطح الأرض حول دائره العرض 90° شمال .

ويمكن أيضا الإسقاط على مستوى يمس الأرض عند هذا المكان ويمكن الإسقاط على اسطوانة تمس الأرض حول خط الطول الذى يمر بهذا المكان أو اسطوانة تمس الأرض حول دائرة عظمى تمر بهذا المكان (وفى هاتين الحالتين الأخيرتين يسمى المسقطان الناتجان إسطوانى مستعرض ، واسطوانى منحرف) .

ولكن الاسقاط المخروطى أ- لها كلها في الحساب .

علاقة المنسقط بالفرض المطلوب منه عمل الخريطة

يتحكم الفرض المطلوب منه عمل الخريطة في اختيار المنسقط المطلوب . هناك أغراض متعددة لرسم الخرائط ولا بد أن نراعى أن المنسقط المختار للخريطة يحقق الخصائص الهندسية التى تفي بهذه الأغراض .

والخرائط الجغرافية المرسومة بمقاييس صغيرة تستخدم في الأغراض الآتية .

- ١ - بيان التوزيعات .
- ٢ - بيان الاتجاهات المتساوية من مكان معين .
- ٣ - بيان المسافات المتساوية من مكان معين .
- ٤ - الملاحظة باتباع خطوط الصير الثابتة الاتجاه .
- ٥ - الملاحظة باتباع أقصر المسافات .
- ٦ - بيان الشكل المجمع للارض .

١ - ولرسم خريطة للتوزيعات يلزم أن يكون المنسقط مقسوى المساحات . والمساقط متساوية المساحات التى تم استعراضها هي المؤلفسايدى والسافسون فلامستيد والاسطوانى متساوى المساحات ولا مبرر المخروطى متساوى المساحات والبرز والاتجاهى متساوى المساحات . وعلى ذلك يتم اختيار أحد هذه المساقط لخرائط التوزيعات مع مراعاة موقع المنطقة المطلوب بيانها كما سبق ، ومع مراعاة العلاقات التى ستذكر فيما بعد .

٢ - ولرسم خريطة تعطى الاتجاهات الحقيقية من مكان معين يلزم أن يكون المنسقط لاتجاهى ومركزه عند هذا المكان . وهذا النوع من الخرائط

يستخدم أيضا في محطات الإرسال اللاسلكي حتى تتمتع المحطة على الاتجاهات الحقيقية للأماكن التي يمكنها استقبال الإذاعة وبذلك تتمتع المحطة من توجيه الموجات إلى تلك الأماكن .

والمسافة الاتجاهية التي تم استعراضها هي المركزية والاستريوجرافي والاورثوجرافي والمتساوي المسافات والمتساوي المساحات ؛ ويمكن اختيار واحد منها طبقا للأغراض الأخرى المطلوبة .

٣ — ولرسم خريطة تعطى المسافات الحقيقية من مكان معين يلزم أن يكون المسقط إجهامى متساوي المسافات .

وهذا النوع من المسافة يستخدم أيضا في خرائط محطات الإرسال اللاسلكي المشروحة في البند السابق لتعطى المسافات الحقيقية بالإضافة إلى الاتجاهات الحقيقية من موقع المحطة - كما يستخدم أيضا هذا المسقط في الخرائط التي تبين خطوط الملاحة الجوية من مركز رئيسي يكون عادة عاصمة لإحدى الدول .

وفي هذا المجال لابد وأن نوضح أنه لا يرجع مسقط يحقق المسافات المتساوية في جميع أنحاء الخريطة - كما وأن هناك مسائط تعطى المسافات المتساوية على خط من خطوط الطول أو العرض أو كليهما معا أو أكثر من ذلك . فالمسقط الاسطوانية تحقق تساوي المسافات على خط الاستواء ؛ كما وأن المسقط الاسطوانى البسيط يحقق بالإضافة إلى ذلك تساوي المسافات على جميع خطوط الطول ، وذلك بالطبع يقابله تشويه في خطوط العرض يتزايد كلما ابتعدنا عن العرض الرئيسي .

(ب) والمساقط المخروطية تحقق تساوى المسافات على خط العرض الرئيسى -
أو خطى العرض الرئيسيين - بالإضافة إلى بعض الخطوط الأخرى :

١ - فى المخروطى البسيط. وفى المخروطى بمرصين رئيسيين تكون
المسافات صحيحة على خطوط الطول .

٢ - وفى متعدد المخاريط. وفى بون تكون المسافات صحيحة على كل خطوط
العرض وعلى خط الطول الأوسط .

(ج) ومسطح سائسون فلامنيتد يحقق المسافات المتساوية على كل خطوط
العرض وعلى خط الطول الأوسط .

٤ - ورسم خريطة تستخدم فى الملاحة باتباع خطوط العرض الثابتة الإتجاه
يلزم أن يكون المسقط تشايبى .

والمساقط التشايبية التى تم إستعراضها هى مسقط مركيتور والمسقط
الاستريوجرافى .

والمعروف أن التشايبية يتزايد فى مسقط مركيتور كلما ابتعدنا عن الاستواء
ولذلك لا يستخدم هذا المسقط لتمثيل المناطق القطبية ويستبدل بالمسقط
الاستريوجرافى القطبى .

٥ - ورسم خريطة تستخدم فى الملاحة باتباع أقصر الطرق يلزم أن يكون
المسقط مركزى . وهو المسقط الوحيد الذى فيه تمثل الخطوط المستقيمة على
الخريطة الدوائر العظمى (أقصر المسافات) على سطح الأرض .

٦ - ورسم خريطة تبين الشكل الجسم للكرة الأرضية - تبرز تكورها - يلزم لاستخدام المسقط الأورثوجرافي ، فهو مسقط منظور يقع مركز الإسقاط فيه عند الانهيار . لذلك يمثل هذا المسقط شكل الأرض كما يراها الإنسان من مكان بعيد جدا عنها .

هذا المسقط يستخدم كثيرا في خرائط الأطالس الحديثة التي تعنى بدراسة الأرض ككل ، كما يستخدم في الكتب الجغرافية لتوضيح الشرح الخاص بالمعالم العامة للكرة الأرضية .

أحيانا يستعاض عن المسقط الأورثوجرافي بالمسقط الاستريوجرافي وذلك لصعوبة إجراء حسابات الأورثوجرافي وإسالة لإجراء حسابات الاستريوجرافي وأيضا لصعوبة رسم القطاعات الناقصة في الأورثوجرافي ولسهولة رسم أقواس الدوائر في الاستريوجرافي . ويعطى الاستريوجرافي صورة مجسمة لشكل الأرض بدرجة مقبولة ولكنها ليست بالتجسيم الذي يعطيه الأورثوجرافي .

٧ - بالإضافة إلى الأغراض السابقة تتضمن الأطالس عادة خرائط فلكية . والخرائط الفلكية رسم عادة بالمسقط الاستريوجرافي حتى يمكن استخدامها في قياس بعض العناصر كما أنه يمكن متابعة حركة الأجرام السماوية عليها . وترسم الخرائط الفلكية أيضا على المسقط الإجماعي متساوي المسافات القطبي وفي هذه الحالة ترسم الكرة السماوية في مسططين متجاورين أحدهما للنصف الشمالي والآخر للنصف الجنوبي .

وفي كثير من الأطالس الحديثة ظهرت خرائط القمر مرسومة بالمسقط الاستريوجرافي الإمتوائى في جزئين أحدهما للنصف المواجه للأرض والجزء الآخر للنصف الثانى .

علاقة السقط بالتساع وشكل المنطقة المطلوب رسمها

أولا : من حيث التساع

١ - عند رسم قارة مثل أفريقيا على المساقط المختلفة التي تصلح لذلك مثل مركيتور وسائسون - فلامتيد ومولفايدى : الانحماهى مقساوى المسافات والاتجاهى مقساوى المساحات والكروى واللاتريوجرانى والاورثوجرانى و... نجد أن هناك فروقا فى الأشكال الناتجة . وتظهر تلك الفروق فى شكل الهيكل الجغرافى الذى فيه تكون خطوط الطول مستقيمة أحيانا ومنحنية أحيانا ويمكن خطوط العرض مستقيمة أحيانا ومنحنية أحيانا كما تختلف درجة الانحناء من مسقط إلى آخر .

٢ - وإذا رسمنا قارة أفريقيا والبحار والمحيطات المحيطة بها - أى لامتدت الخريطة غربا لتشمل المحيط الأطلسى حتى سواحل الأمريكتين ولامتدت شرقا لتشمل المحيط الهندى حتى سواحل الهند وجزر الهند الشرقية وسواحل أستراليا ولامتدت شمالا لتشمل البحر المتوسط وأجزاء من أوروبا ولامتدت جنوبا حتى سواحل القارة القطبية الجنوبية - على نفس المساقط التى تصلح لأفريقيا ، لوجدنا أن الفروق فى الأشكال قد زادت وأضحت . ذلك يحدث لزيادة الانحناءات فى خطوط الطول والعرض كلما ابتعدنا عن المركز نحو أطراف الخريطة .

٣ - وإذا رسمنا إحدى دول أفريقيا أو منطقة من هذه القارة على مساقط مختلفة فانتسنا نجد أن الفروق بين الأشكال الناتجة صغيرة لا تذكر . وذلك لأن الفرق بين الخط المستقيم والخط المنحنى الذى يناظره يسكون صغيرا فى المناطق المحدودة التساع .

من هنا يتبين أن تحديد المسقط المطلوب لرسم منطقة صغيرة من العالم بمقياس صغير يتفق مع خرائط الأطلس ، لا يؤثر كثيرا على الشكل الناتج لأن معظم المسافات تؤدي إلى أشكال متقاربة .

وكما زادت المنطقة في الإتساع كلما اتضحت الحاجة إلى تحديد خصائص المسقط المطلوب وبالتالي إلى تحديد لاسم المسقط .

ثانيا : من حيث الشكل

١ - عند البحث عن مسقط يصلح لتمثيل الساحل الغربي لأحريكة الجنوبية الذي يمتد من العرض ٨° شمال إلى العرض ٥٥° جنوب في حين يبلغ إتساعه مع خطوط الطول ١٠° درجات تقريبا - يحسن البحث عن مسقط يحقق المسافات المتساوية مع خط الطول المتوسط في هذه المنطقة وهو خط الطول ٧٠° غرب . والمسافات التي تحقق ذلك هي المتعادون فلامستيد والاسطوانى البسيط والمخروطى بعرضين رئيسين وبون ومتعدد المخاريط .

٢ - عند البحث عن مسقط يصلح لتمثيل المنطقة التي تشمل الحدود السياسية بين كندا والولايات المتحدة والتي تمتد من الطول ٩٧° غرب إلى الطول ١٢٣° غرب في حين يبلغ إتساعها مع درجات العرض ٤° درجات تقريبا - يحسن البحث عن مسقط يحقق المسافات المتساوية مع خط العرض المتوسط في تلك المنطقة وهو خط العرض ٧° شمال . ومعظم المسافات المخروطية تحقق هذا العرض .

من هنا يتضح أن شكل المنطقة المطلوب تمثيلها على الخريطة يتدخل في تحديد المسقط المطلوب .

اختيار المسقط مع مراعاة شكل هيكله الجغرافي

كما سبق يتضح أن اختيار المسقط يتم مع مراعاة الآتي :

١ - موقع المنطقة .

٢ - الغرض المطلوب منه عمل الخريطة .

٣ - اتساع المنطقة وشكلها .

ورق مع مراعاة تلك الظروف فإننا نصل أحيانا إلى مسطتين أو ثلاثة أو أكثر تحقق المطلوب ، عندئذ تراعى ظروف جديدة وهى :

أولاً : الحسابات : والمعروف أن بعض المسافات لا تتطلب حسابات معقدة خصوصا تلك التى يدخل فى تكوينها الخطوط المبتعدة أو أقواس الدوائر وعادة يلجأ الكارتوجرافى إلى المسقط الذى لا يحتاج إلى حسابات معقدة.

ثانياً : طريقة الرسم : وبالطبع يفضل الكارتوجرافى المسقط الذى يدخل فى تكوينه الخطوط المستقيمة وأقواس الدوائر بسهولة رسمها .

ثالثاً : بالإضافة إلى العنصرين السابقين لابد وأن نتذكر دائما أن الخريطة تمثل سطح الأرض الكروى وأن خطوط الطول وخطوط العرض على سطح الأرض أقواس دوائر ولذلك كلما كانت خطوط الطول والعرض على الخريطة منحنية كلما كانت الخريطة أقرب شكلا من سطح الأرض ، وليس معنى ذلك

أن نستبعد المساقط التي يدخل في تشكيل هيكلها الجغرافي الخطوط المستقيمة ؛
فأحيانا يلزم أن نذكر الخريطة على مسقط مركب أو رأيا لا بد وأن تكون
الخريطة على مسقط مركب وهذان المسقطان لا يتحولان من الخطوط المستقيمة

ولكن لو كان الكارتوجرافي يحدد إنشاء مجموعة من الخرائط كما في حالة
الاطلس فيستحسن أن ينوع من المساقط المستخدمة وهنا يلزم التنبيه مرة أخرى
إلى استخدام المسقط الأورثوجرافي في خرائط الأطلس الذي يعطى جمالا
وتجسيدا للشكل الحقيقي للأرض بالرغم من صعوبة حساباته ورسمه .

الباب الحادى عشر

ملاحق

ملحق (١)

طريقة رسم قطع ناقص

للقطع الناقص خصائص هندسية كثيرة . ومن تلك الخصائص يمكن استنتاج طرق مختلفة لرسمه . والقطع الناقص يظهر في المسقط الأورثوجرافى ومسقط مولفايدى بعد حساب أطوال مجاورة . ولذا سنذكر فى هذا الملحق الطرق المختلفة لرسم القطع الناقص بمعلومية أطوال محوريه .

الطريقة الأولى

مثال : لرسم قطع ناقص طول محوره الأكبر ٧٠ مم وطول محوره الأصغر

٣٧ مم .

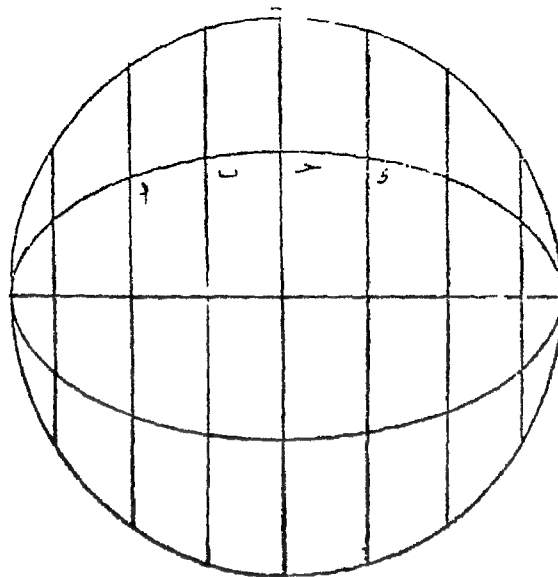
يتبع الآتى :

١ - ترسم دائرة قطرها ٧٠ مم وترسم بداخلها قطرين متعامدين أحدهما فى اتجاه المحور الأكبر للقطع والثانى فى اتجاه المحور الأصغر له .

٢ - ترسم مجموعة من الأوتار توازى لاتجاه المحور الأصغر للقطع - وكلما كان عدد الأوتار كبيرا كلما ساعد ذلك على تحديد شكل القطع بدقة عالية .

٣ - على الأوتار المرسومة تحدد النقاط ا ، ب ، ج ، د ، هـ ، و ، ز ، ولى

تقسم المسافة من منتصف الوتر إلى محيط الدائرة بنسبة $\frac{٣٧}{٧٠}$



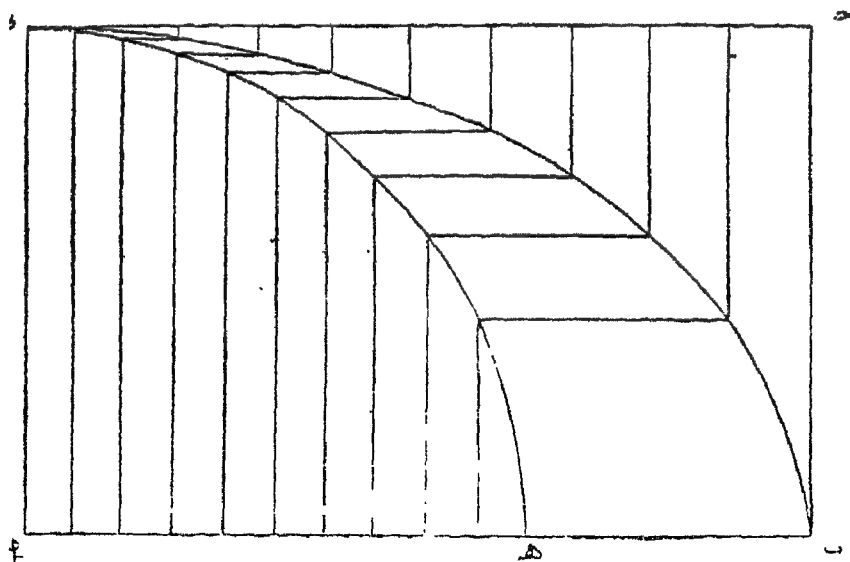
شكل ١١٤

٤ - فصل النقط د ، ب ، ح ، ز ، ... فينتج القطع الناقص المطلوب .

الطريقة الثانية

مثال : لرسم قطع ناقص طول محوره الأكبر ٢٠ سم وطول محوره الأصغر ١٣ سم .

- يتبع الآن لرسم ربع القطع .



شكل ١١٥

١ — ترسم مستطيل AB و CD ضلعه AB يمثل نصف المحور الأكبر (١٠ سم) و ضلعه CD يمثل نصف المحور الأصغر (٦ سم) .

٢ — ترسم ربع دائرة مركزها A ونصف قطرها AB و (٦ سم) ، تقطع AB في H .

٣ — نقيم AH إلى عدد من الأقسام المتساوية (١٠ أقسام) ونقيم الأعمدة على AB عند نقط التقسيم لتقابل محيط ربع الدائرة .

٤ — نقيم CD و AB إلى نفس العدد من الأقسام المتساوية (١٠) ونقيم الأعمدة على CD عند نقط التقسيم .

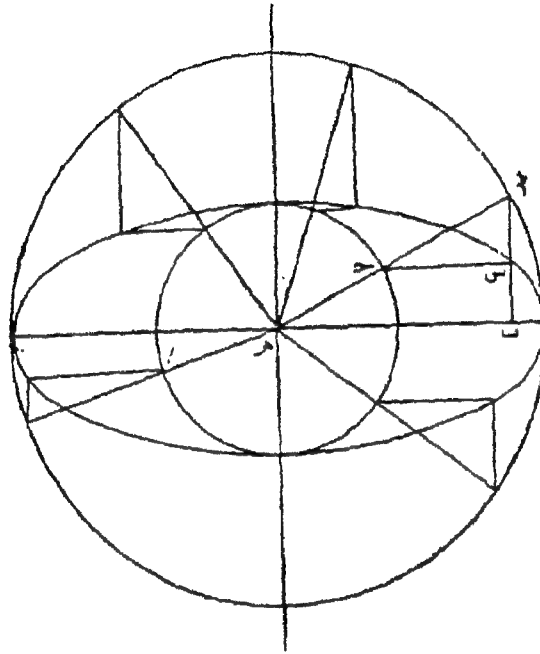
٥ — من كل نقطة على محيط الدائرة حصلنا عليها في الخطوة (٣) نرسم موازاً للخط AB يقابل الخط العمودي على CD المناظر له في نقطة ، تقع على محيط القطع الناقص .

٦ — نصل النقط التي حصلنا عليها في الخطوة (٥) .

الطريقة الثالثة

مثال : لرسم قطع ناقص طول محوره الأكبر ٧٠ مم وطول محوره الأصغر ٣١ مم .

١ — نرسم المحورين المتعامدين للقطع ومن المركز (م) نرسم دائرتين قطر أحدهما ٧٠ مم وقطر الثانية ٣١ مم .



شكل ١١٦

٢ — نأخذ نقطة مختلفة مثل ا على محيط الدائرة الكبرى ومنها نسقط عمود
ب على المحور الاكبر .

٣ — نصل ا م لقطع الدائرة الصغرى في هـ .

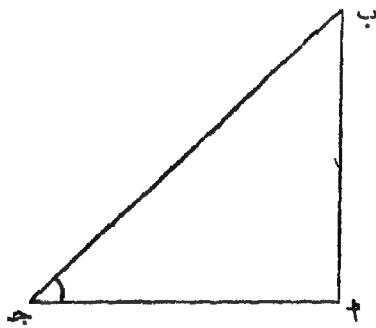
٤ — عند ح نرمم موازيا للمحور الاكبر للقطع يقابل ا ب في نقطة س التي
تقع على محيط القطع الناقص .

٥ — نكرر الخطوات الثلاثة السابقة لنحصل على باقى نقاط القطع الناقص
ونصل بينها .

ملحق (٢)

بعض قوانين حساب المثلثات المستوية

- أولاً : في المثلث ABC القائم الزاوية عند A ، نطلق على الضلع AB هو الوتر .
ونطلق على الضلع AC المقابل لزاوية C هو لاسم المقابل .
ونطلق على الضلع BC المجاور لزاوية C هو لاسم المجاور .



شكل (١١٧)

$$\frac{AB}{BC} = \frac{\text{المقابل}}{\text{الوتر}} = \sin C$$

$$\frac{AC}{BC} = \frac{\text{المجاور}}{\text{الوتر}} = \cos C$$

$$\frac{AB}{AC} = \frac{\text{المقابل}}{\text{المجاور}} = \tan C$$

ثانياً : لأي زاوية مثل C

$$\sin C = \frac{1}{\csc C}, \quad \cos C = \frac{1}{\sec C}, \quad \tan C = \frac{1}{\cot C}$$

$$\cot C = \frac{\cos C}{\sin C}$$

$$\sin^2 C + \cos^2 C = 1$$

$$\sin(90^\circ - C) = \cos C$$

$$\cos(90^\circ - C) = \sin C$$

$$\tan(90^\circ - C) = \cot C$$

$$\sin(180^\circ - C) = \sin C$$

$$\cos(180^\circ - C) = -\cos C$$

$$\tan(180^\circ - C) = -\tan C$$

- ۲۸۶ -

$$\text{جا } ۲ = \text{جا } ۲ \quad \text{جا } ۲ = \frac{\text{جا}}{۲} - \frac{\text{جا}}{۲}$$

$$\text{جا } ۲ = \text{جا } ۲ - \text{جا } ۲ \quad \text{جا } ۲ = \frac{\text{جا}}{۲} - \frac{\text{جا}}{۲}$$

$$\text{جا } ۲ = ۱ - \text{جا } ۲ \quad \text{جا } ۲ = ۱ - \frac{\text{جا}}{۲}$$

$$\text{جا } ۲ = ۱ - \text{جا } ۲ \quad \text{جا } ۲ = ۱ - \frac{\text{جا}}{۲}$$

$$\frac{\text{جا } ۲}{۲} = \text{جا } ۲ \quad \frac{\text{جا } ۲}{۱ - \text{جا } ۲} = \text{جا } ۲$$

فائسا : لای زاوینین مثل وء

$$\text{جا } (۱ + ۲) = \text{جا } ۱ + \text{جا } ۲$$

$$\text{جا } (۱ - ۲) = \text{جا } ۱ - \text{جا } ۲$$

$$\frac{\text{جا } ۱ + \text{جا } ۲}{۱ - \text{جا } ۲} = \text{جا } (۱ + ۲)$$

$$\text{جا } ۱ + \text{جا } ۲ = \frac{\text{جا } ۱ + \text{جا } ۲}{۲} \quad \text{جا } ۲ = \frac{\text{جا } ۱ + \text{جا } ۲}{۲}$$

$$\text{جا } ۱ - \text{جا } ۲ = \frac{\text{جا } ۱ - \text{جا } ۲}{۲} \quad \text{جا } ۲ = \frac{\text{جا } ۱ - \text{جا } ۲}{۲}$$

-- ۲۸۷ --

$$\text{جنا } ۱ + \text{جنا } ۲ = \frac{۱ - ۱}{۲} \text{ جنا } \frac{۱ + ۱}{۲}$$

$$\text{جنا } ۱ - \text{جنا } ۲ = \frac{۱ - ۱}{۲} \text{ جنا } \frac{۱ + ۱}{۲}$$

$$۲ \text{ جنا } ۱ \text{ جنا } ۲ = \text{جنا } (۱ - ۱) - \text{جنا } (۱ + ۱)$$

$$۲ \text{ جنا } ۱ \text{ جنا } ۲ = \text{جنا } (۱ - ۱) + \text{جنا } (۱ + ۱)$$

$$۲ \text{ جنا } ۱ \text{ جنا } ۲ = \text{جنا } (۱ + ۱) + \text{جنا } (۱ - ۱)$$

$$۲ \text{ جنا } ۱ \text{ جنا } ۲ = \text{جنا } (۱ + ۱) - \text{جنا } (۱ - ۱)$$

زأبعا : فی آی مثلث مثل ۱ ۲ ۳

$$\frac{\text{جنا } ۱}{۱} = \frac{\text{جنا } ۲}{۲} = \frac{\text{جنا } ۳}{۳}$$

$$۳ \text{ جنا } ۱ = ۲ \text{ جنا } ۲ + ۱ \text{ جنا } ۳ - ۲ \text{ جنا } ۱ - ۱ \text{ جنا } ۲ - ۱ \text{ جنا } ۳$$

$$۳ \text{ جنا } ۲ = ۱ \text{ جنا } ۱ + ۲ \text{ جنا } ۲ - ۲ \text{ جنا } ۲ - ۲ \text{ جنا } ۱ - ۲ \text{ جنا } ۳$$

$$۳ \text{ جنا } ۳ = ۱ \text{ جنا } ۱ + ۲ \text{ جنا } ۲ - ۲ \text{ جنا } ۲ - ۲ \text{ جنا } ۱ - ۲ \text{ جنا } ۳$$

قائمة المصطلحات

Distortion	تشويه	Bearing	اتجاه - من الشمال
Radian	تقدير دائري زاوية	Azimuth	اتجاه ، عزيمية
	ث	Course	اتجاه خط السير
	ثابت المخروط	Azimuthal , Zenithal	اتجاهي
Constant of the cone		Co - ordinate	إحداثي
	ج		استريو جرافي - مجسم
South	جنوب	Stereographic	
Sine - sin	جيب (زاوية) - جتا	Equator	إستواء
Cosine - cos	جيب تمام - جتا	Equatorial	إستوائي
	خ	Cylinder	أسطوانة
Map , Chart	خريطة	Cylindrical	أسطواني
Meridian	خط طول	Projection	إسقاط
	خط عرض - دائرة عرض	Albers	ألبرز (كارتوجرافي)
Parallel of latitude		Border	إطار
	د	Atlas	أطلس
Circle	دائرة		ب
Small circle	دائرة صغرى	Boggs	برجس (كارتوجرافي)
Great circle	دائرة عظمى	Bonne	بون (كارتوجرافي)
Circular	دائري		ت
Degrees	درجة		تشابهي
	ز	Conformal orthomorphic	
Angle	زاوية		

فلامسٹید (کارٹوجرافی)

Flamsteed

Astronomy فلک (علم)

ق

Secant - sec قاطع (زاویہ) - نا

Cosecant - cosec قاطع تمام - قتا

Sector قطاع (دائری)

Pole قطب

Polar قطبی

Diameter قطر

Segment قطعہ (دائریہ)

Hyperbola قطع زائد

Parabola قطع مکافہ

Ellipse قطع ناقص

ک

کافرایسکی (کارٹوجرافی)

Kavraisky

Craster کراستر (کارٹوجرافی)

Sphere ککرہ

Globe کرہ ارضیہ

Globular کروی

Spheroidal کروی

Spherical ککری

Planet کوکب

ل

Lambert لامبرت (کارٹوجرافی)

س

Sanson سانسون (کارٹوجرافی)

ش

East شرق

North شمال

ص

صحیح - اورٹوجرافی

Orthographic

ط

Cap طاقتہ (کرویہ)

Longitude طول

ظ

Tangent - tan ظل (زاویہ) - ظا

Cotangent - cot ظل تمام - ظتا

ع

World عالم

Latitude عرض

عرض رئیسی

Standard latitude

غ

West غرب

ف

فاندر جرینتن (کارٹوجرافی)

Van Der Grinten

Conventional	معدل
Scale	مقیاس
Zone	منطقه کرویة
Perspective	منظور
Navigation	ملاحه
مولفایندی (کارتوجرافی)	

ن

Radius	نصف قطر
Star	نجم

ه

Hammer	هامار (کارتوجرافی)
Graticule	هیکل جغرافی

و

Chord	وتر (دائری)
Winkel	وینکل (کارتوجرافی)

م

Equal area	مساوی المساحات
Equidistant	مساوی المسافات
Polyconic	متعدد المنحاربط
Interrupted	متقطع
Co—latitude	متهم العرض
مجمم — استریوجرافی	

Stereographic

Circumference	محیط (دائرة)
Cone	منحروط
Conic	منحروطی
Gnomonic	مرکزی
مرکیتور (کارتوجرافی)	

Mercator

Area	مساحة
Surveying	مساحة
Transverse	مستعرض
Projection	مقطع

